

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

DÉPARTEMENT GÉNIE MÉCANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

Diplôme de Master Sciences et Techniques

Spécialité : Génie Mécanique et Productique

Analyse et amélioration des performances de la ligne de production- Métier Ferrage : CDC

Réalisé par :

JOUINEH Amina

Encadré par :

Imane MOUTAOUAKKIL
Khadija ELQADI

Encadrante académique
Marraine industriel

FST-Fès
Stellantis-Kénitra

Soutenu le 19/07/2022 devant les membres du Jury :

Pr. MOUTAOUAKKIL Imane	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Pr. IDRISSI JANATI Khalid	Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Pr. EL AOUNI Youssef	Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Effectué à :



Année Universitaire : 2021/2022

Dédicaces

Je dédie ce projet

A mes très chers parents, aucun mot, aucune expression ne pourra témoigner de ma reconnaissance et ma gratitude envers les sacrifices, le soutien inconditionnel resteront gravés dans mon cœur, et les efforts qu'ils ont consentis pour réussir mon parcours d'étude. Votre présence à mes côtés m'a toujours apporté confiance et réconfort, Que Dieu tout puissant vous procure longue vie, avec bonheur et santé. .

A ma chère sœur, Je te souhaite des rêves a n'en plus finir et l'envie furieuse d'en réaliser. Je te dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux, plein de bonheur et de succès.

A tout le personnel de STELLANTIS.

A tous mes professeurs.

A toute ma famille.

A tous mes amis.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Que tout le monde retrouve à travers ces quelques lignes mes sincères sentiments et mes profondes reconnaissances.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous les responsables, le corps professoral et administratifs de la faculté des sciences et techniques de Fès, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Aussi J'exprime mes sincères considérations et immense respect à mon encadrante académique Madame MOUTOUAKKIL Imane pour l'intérêt avec lequel elle a suivi la progression de mon travail, pour ses judicieuses directives, ses précieuses conseils qui ont conduit à la réussite de ce projet.

Je tiens à remercier Mr. William POUSSIN, le directeur du site STELLANTIS Kénitra ainsi que Mr. Said EL KHOMRI, le directeur du département structure, pour la chance qu'ils m'ont offert de passer mon stage de fin d'études au sein de leur prestigieuse entreprise.

Je remercie Mme EL QADI Khadija, pour son encadrement durant la période de mon stage, qui m'a prodigué ses directives précieuse et ses conseils pertinentes, je la remercie pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de cette période de stage.

Je saisis aussi l'occasion pour remercier tout le personnel du département « structure » de l'usine stellantis Kénitra pour leur gentillesse, et pour avoir créé des conditions motivantes, et de m'avoir soutenu et aidé dans ma mission.

Mes remerciements vont également aux membre de jurys pour leur présence, et pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Résumé

L'usine Stellantis à Kénitra, a démarré en 2019 avec une capacité de production de 100.000 véhicules par an, et à partir de septembre 2020, avec une grande agilité et flexibilité, l'usine a pu doubler sa capacité à 200.000 véhicules par an. Mais il reste encore quelques fluctuations de la productivité à maîtriser rapidement pour stabiliser le processus de fabrication et par la suite satisfaire les besoins clients. L'atelier ferrage de l'usine, quant à lui, présente une performance instable et sa cadence présente un écart par rapport à l'objectif (33 véhicules/heure), ce qui nécessite la maîtrise de ses processus de fabrication.

Dans cette perspective, ce projet consiste en la mise en place d'une démarche d'amélioration continue et chasse aux pertes pour identifier et traiter les problèmes de non performance liés au métier Ferrage, dont la finalité est d'atteindre les objectifs de production et minimiser les écarts, tout en respectant les exigences qualité et délai.

Afin de mener à bien cette mission, nous avons adopté une approche de résolution de problèmes inspirée par la démarche DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler) de Six Sigma.

En focalisant notre travail sur l'UEP côté de caisse, nous avons mené une étude approfondie de l'état actuel de la ligne afin d'identifier les points critiques dans notre flux de production et mettre en place des actions pour éliminer les sources de gaspillage et minimiser les écarts par rapport aux objectifs de production.

L'indicateur de performance principal de l'atelier ferrage étant le rendement opérationnel, nous avons basé notre étude sur ce dernier. En effet, l'analyse des causes du non rendement opérationnel nous a permis de trouver des pistes d'amélioration qui nous ont permis à leur tour d'équilibrer la ligne de production en réduisant le temps de cycle de plusieurs postes de travail, pu maîtriser le processus, minimiser les écarts et diminuer l'impact des arrêts de production sur les performances.

Mots clés : Amélioration continue, DMAIC, gaspillage, Rendement Opérationnel, Performance.

Abstract

The Stellantis plant in Kénitra, started in 2019 with a production capacity of 100,000 vehicles a year, and from September 2020, the factory has doubled its capacity to 200,000 vehicles a year. Despite the changes and modifications already made, the productivity of the plant has a difference and fluctuations in relation to the objective. The factory forged workshop presents unstable performance and its cadence has a deviation from the target (30 vehicles / hour), which requires the mastery of its manufacturing processes.

In this perspective, this project is a result of the establishment of a process of improvement, the purpose is to reach the objectives of reducing and minimizing the gaps, respecting the quality and delay requirements.

In order to carry out this mission, we have followed the DMAIC approach (define, measuring, analyzing, innover, controlling) of Six Sigma.

By focusing our work on the UEP CDC, we conducted a thorough study of the current status of the line to identify critical effects in our production flow and put in place actions to eliminate sources of waste and minimize differences in relation to production objectives.

The main performance indicator of the forging workshop being the operational yield, we based our study on the latter. Indeed, the analysis of the causes of operational non-performance allowed us to balance the production line by reducing the cycle time of several workstations, able to control the process, minimize deviations and reduce the impact of production stoppages on performance.

Keywords: Continuous improvement, DMAIC, waste, Operational performance, Performance.

Liste des abréviations

AGV: Automatically Guided Vehicle

ARM : Armature

CDC : Côté De Caisse

FER: Ferrage

JES: Job Element Sheet

KPI: Key Performance Indicator

MEF: Montage Eléments Finis

OUV : Ouvrants

DMAIC: Define, Mesure, Analyse, Improve, Control

FCA: Fiat Chrysler Automobiles

PCAM: Peugeot Citroën Automotive Maroc

PSA : Peugeot Société Anonyme

RO : Rendement Opérationnel

RU : Responsable Unité

RG : Responsable Group

SIPOC: Supplier Input Processus Output Costumer

STR: Structure

TCT: Target Cycle Time

TCY : Temps de Cycle

TT : Takt Time

UEP : Unité Elémentaire de Production

QQOQCP : Quoi, Qui, Où, Quand, Comment et Pourquoi

R & D : Recherche & Développement

ANN AV : Anneau Avant

ANN AR : Anneau Arrière

Liste des figures

- Figure 1 : Fusion de PSA et FCA
- Figure 2 : Stellantis Afrique et Moyen-Orient
- Figure 3 : Usine Stellantis à Kénitra
- Figure 4 : Organigramme UKE
- Figure 5 : Nouvelle Peugeot 208
- Figure 6 : Citroën Ami
- Figure 7 : Moteur assemblé à l'usine Stellantis Kénitra
- Figure 8 : Processus de fabrication Peugeot 208
- Figure 9 : Phase 1 emboutissage
- Figure 10 : Phase 2 emboutissage
- Figure 11 : Phase 3 emboutissage
- Figure 12 : Phase 4 emboutissage
- Figure 13 : Processus ferrage
- Figure 14 : Implémentation atelier ferrage
- Figure 15 : Processus de production ferrage
- Figure 16 : UEP Ferrage
- Figure 17 : Passage du véhicule dans le bain anticorrosion cataphorèse
- Figure 18 : Réalisation manuelle d'étanchéité
- Figure 19 : Application de l'apprêt poudres base+ vernis
- Figure 20 : Caisses en sortie de peinture
- Figure 21 : Ligne montage de la Peugeot 20
- Figure 22 : CDC droite
- Figure 23 : CDC gauche
- Figure 24 : SIPOC de la ligne côté de caisse
- Figure 25 : Diagramme layout de la ligne CDC
- Figure 26 : Cartographie simplifiée de processus (D/G)
- Figure 27 : Processus de module ANN AV
- Figure 28 : Processus de module ANN AR
- Figure 29 : Processus de module finition
- Figure 30 : Temps de cycle ligne CDC
- Figure 31 : Rendement processus UEP CDC
- Figure 32 : Taux d'occupation UEP CDC
- Figure 33 : Le diagramme de simogramme du poste de soudage 17
- Figure 34 : La distance entre le chariot de stock et le poste 17
- Figure 35 : La durée de chargement
- Figure 36 : Chariot utilisé dans le poste de soudage 17
- Figure 37 : Diagramme de simogramme du poste d'encollage 15
- Figure 38 : Les 3 gabarits du poste d'encollage 15
- Figure 39 : Débordement de la colle
- Figure 40 : La saleté du moyen de poste d'encollage 15
- Figure 41 : La durée d'enlèvement des gabarits au poste d'encollage 15
- Figure 42 : Diagramme de simogramme du poste de soudage 45

Figure 43 : La durée de déplacement au poste de soudage 45
Figure 44 : La durée de l'opération du soudage au poste 45
Figure 45 : Chariot de L'ANN AV
Figure 46 : Gants dégradés
Figure 47 : Pièce possible a dégradé
Figure 48 : L'état du chariot
Figure 49 : Les faisceaux dégradés du poste 20
Figure 50 : Les faisceaux dégradés du poste 30
Figure 51 : Stock non emballé des anneaux avant de l'avance
Figure 52 : Mal positionnement des pièces du poste 30
Figure 53 : KANBAN du poste 30
Figure 54 : Chariot du poste de soudage 17
Figure 55 : Conception du poste d'encollage 15
Figure 56 : Simulations des guides de cordons soudés dans le moyen
Figure 57 : La structure de la pièce usinée pour supporter les guides de cordons
Figure 58 : Changement de l'angle d'inclinaison
Figure 58 : L'espace a exploité pour l'amélioration.
Figure 60 : L'état avant de chariot d'ANN AV D
Figure 61 : Support d'ANN AV D
Figure 62 : Conception du chariot de stock
Figure 63 : Amélioration du chariot KANBAN
Figure 64 : Rail à galet du chariot KANBAN
Figure 65 : Chariot du poste 30
Figure 66 : Le bras du chariot du poste de soudage 30
Figure 67 : Chariot assemblé avec la pièce Montant de baie + transpalette du poste 17
Figure 68 : Nouvelle conception du chariot de l'OP 17
Figure 69 : Conception de la pièce montant de baie
Figure 70 : Assemblage finale du chariot avec 90 pièces de « montant baie »
Figure 71 : Étude MEF du chariot
Figure 72 : Un opérateur pousse 120 pièces
Figure 73 : La surface du passage du chariot
Figure 74 : Nouvelle conception du support de L'ANN AV
Figure 75 : Conception de L'ANN AV
Figure 76 : Simulation du support avec les ANN AV
Figure 77 : Le poids du support
Figure 78 : Le poids de L'ANN AV
Figure 79 : Industrialisation du support de L'ANN AV

Liste des tableaux

Tableau 1 : Historique du groupe stellantis

Tableau 2 : Marques des constructeurs automobiles de Stellantis

Tableau 3 : Marques de service de Stellantis

Tableau 4 : Marques des équipementiers et préparateurs de Stellantis

Tableau 5 : Fiche technique du groupe Stellantis

Tableau 6: Produits de l'emboutissage

Tableau 7 : Charte de projet

Tableau 8 : Description de la ligne

Tableau 9 : Description de processus de L'ANN AV

Tableau 10 : Description de processus de L'ANN AR

Tableau 11 : Description de processus de finition

Tableau 12 : Chronométrage de la ligne CDC

Tableau 13 : Rendement processus UEP CDC

Tableau 14 : Taux d'occupation UEP CDC

Table de matière

<i>Introduction générale</i>	1
Chapitre 1	2
Présentation de l'organisme d'accueil.....	2
I. Introduction :.....	3
II. Présentation du groupe STELLANTIS :	3
1. Group stellantis à travers le monde :.....	3
1.1. A propos du groupe PSA :	3
1.2. A propos de FCA :	3
1.3. Historique du groupe stellantis :	4
1.4. Marques du groupe Stellantis :	4
1.5. Fiche technique du groupe Stellantis :.....	6
1.6. Stellantis Afrique & Moyen-Orient :	7
1.7. Morocco Technical Center MTC :	7
2. Site industrielle de Kénitra :	8
2.1. Généralité :.....	8
2.2. Organigramme :	8
2.3. Activités et objectifs du site :.....	9
2.4. Historique :	9
2.5. Produits :	9
3. Processus de fabrication de la Peugeot 208 :	10
3.1. Emboutissage :.....	10
3.2. Ferrage :	11
3.3. Peinture :	13
3.4. Montage :	14
3.5. Bout d'usine :	15
Conclusion.....	16
Chapitre 2	17
Contexte général du projet et présentation de la ligne	17
I. Problématique du projet :	18
1. Les axes du projet :	18
2. Charte du projet :	18
2.1. QQQQCP :	18
2.2. Tableau de la charte du projet :	19
2.3. Approche méthodologique :	20
II. Phase Définir :	21

1.	Périmètre concerné :	21
2.	Diagramme de SIPOC :	22
3.	Description de la ligne CDC :	23
4.	Description des modules, postes de travail :	25
4.1.	L'anneau avant :	25
4.2.	L'anneau arrière :	26
4.3.	Finition :	28
Conclusion :		30
Chapitre 3		31
Collecte des données et analyse de l'existant		31
I.	Phase Mesurer :	32
1.	Takt time (TT) :	32
2.	Target cycle time (TCT) :	32
3.	Chrono_analyse :	32
4.	Chronométrage des postes :	32
5.	Calcul d'indicateurs de performances :	34
5.1.	Rendement processus :	34
5.2.	Taux d'occupation :	35
II.	Phase Analyser :	37
1.	Analyse des problèmes de la ligne :	37
1.1.	Le Poste 17 de soudage (module ANN AV) :	37
1.2.	Le Poste 45 de soudage (module ANN AR) :	44
1.3.	Chariot de L'ANN AV :	46
1.4.	Le poste 30 de soudage et goujon (module finition) :	48
1.5.	Le KANBAN de stockage (module finition) :	49
Chapitre 4		51
Plan d'action et champs d'amélioration		51
I.	Phase Innover :	52
1.	Introduction :	52
2.	Les améliorations :	52
2.1.	Le poste 17 de soudage D/G (module ANN AV) :	52
2.2.	Poste d'encollage 15 D/G (Module ANN AV) :	53
2.3.	Poste de soudage 45 D/G (Module ANN AR) :	56
2.4.	Chariot de L'ANN AV droit :	57
2.5.	Chariot de stock des anneaux avant :	58
2.6.	Chariot KANBAN :	58
2.7.	Le poste 30 :	60

Conclusion :.....	61
Chapitre 5	62
Contrôle et estimation des gains.....	62
I. Phase Contrôler :.....	63
1. Suivi d'avancement de l'amélioration du poste 17 :.....	63
1.1. Étude de faisabilité :.....	65
1.2. Étude statique du chariot sur le logiciel CATIA :.....	65
1.3. Le Gain :	67
2. Suivi d'avancement de l'amélioration du poste 15 :.....	67
2.1. Gain en termes d'effectifs :.....	67
2.2. Gain en termes de matériel :	68
2.3. Le Gain :	68
3. Suivi d'avancement de l'amélioration du poste 45 :.....	68
4. Suivi d'avancement de l'amélioration du chariot de L'ANN AV droit:	68
4.1. Étude statique du support sur le logiciel CATIA :.....	71
5. Suivi d'avancement des autres améliorations :	77
5.1. Le Gain :	77
<i>Conclusion générale et perspectives</i>	79
<i>Bibliographie et Netographie</i>	80
<i>Annexes</i>	81

Introduction générale

Le secteur industriel marocain s'est engagé dans une dynamique de croissance qui s'est fortement consolidée depuis la mise en œuvre du plan Emergence en 2009, boosté par le plan d'accélération industrielle initié en 2014.

Depuis le lancement de ce plan, plusieurs entreprises ont choisi le Maroc comme destination pour implanter leurs sites industriels. C'est dans cette logique que le groupe UAE a mis le choix sur la plateforme Atlantic Free Zone à Kénitra pour donner naissance à son usine automobile de dernière génération, conçue pour produire aussi bien des véhicules thermique que des véhicules électrique « Citroën ami ». Elle a également implanté son centre de recherche et développement baptisé MTC à Casablanca.

Ce Projet de fin d'étude traite le sujet de l'amélioration de la productivité de la ligne métier-ferrage côté de caisse, l'objectif de ce projet est d'analyser et améliorer les performances de la ligne.

Pour inscrire ce projet dans cette vision, l'ensemble des parties de ce rapport est structurée en Cinq chapitres.

Le premier chapitre commencera par une présentation générale de l'organisme d'accueil.

Le deuxième chapitre présentera la méthodologie à adopter d'une manière détaillée et déploiera sa planification afin de répondre à la problématique du projet. Ainsi la définition du projet, son cadrage et son périmètre, en commençant par la définition du périmètre concernée.

Le troisième chapitre abordera Les phases « Mesurer et Analyser » qui est consacrée pour la collecte des données afin d'identifier les contraintes, les causes majeures et tout ce qui est nécessaire pour qu'on puisse, dans la phase « Analyser », creuser de dans afin de déterminer leurs origines et faciliter la tâche suivante.

Le quatrième et le cinquième chapitre consiste en la mise en place des solutions retenues et formulées sous forme d'un plan d'actions et contrôler l'efficacité de ces derniers.

Finalement, nous allons achever ce rapport par une conclusion générale

Chapitre 1

Présentation de l'organisme d'accueil

Avant de se lancer dans le vif du projet, il est essentiel de se familiariser avec l'organisme d'accueil. Le présent chapitre vise donc en premier lieu à décrire le groupe PSA Peugeot Citroën : Identité, historique, et valeurs du groupe. Et en deuxième lieu Peugeot Citroën Automobiles Maroc (PCAM) : Activités et objectifs du site, organigramme de l'entreprise et son Processus de fabrication.

I. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter le groupe Stellantis, son historique, son identité, ses marques ainsi que sa vision. Ensuite, nous allons décrire l'activité principale de l'usine de Kénitra et le processus de fabrication de la nouvelle Peugeot 208.

II. Présentation du groupe STELLANTIS :

1. Group stellantis à travers le monde :

Le groupe Stellantis est un groupe automobile multinational fondé le 16 janvier 2021 suite à la fusion à 50/50 du groupe **PSA** et **FCA** (**Fiat Chrysler Automobiles**) qui ont uni leurs forces pour construire un leader mondial et entrer dans une nouvelle ère de la mobilité durable.

Son siège social est établi à Amsterdam, et sa forme juridique est donc soumise au droit des affaires néerlandais, cette fusion est présentée dans la figure 1.



Figure 1 : Fusion de PSA et FCA

1.1. A propos du groupe PSA :

Le Groupe PSA conçoit des expériences automobiles uniques et apporte des solutions de mobilité innovantes pour répondre aux attentes de tous. Le Groupe, qui emploie 210 000 personnes, rassemble cinq marques automobiles - Peugeot, Citroën, DS, Opel et Vauxhall – et propose une offre diversifiée de services connectés et de mobilité portée par la marque Free2Move. Son plan stratégique 'Push to Pass' constitue une première étape vers sa vision : « Être un constructeur automobile mondial à la pointe de l'efficacité et un fournisseur de services de mobilité de référence pour une relation client à vie ». Il est l'un des pionniers de la voiture autonome et du véhicule connecté. Ses activités s'étendent également au financement automobile avec Banque PSA Finance et à l'équipement automobile avec Faurecia.

1.2. A propos de FCA :

Fiat Chrysler Automobiles (FCA) est un constructeur automobile mondial qui conçoit, fabrique et vend des véhicules dans un portefeuille de marques passionnantes, notamment Abarth, Alfa Romeo, Chrysler, Dodge, Fiat, Fiat Professional, Jeep, Lancia, Ram et Maserati. Elle vend

également des pièces et des services sous la marque Mopar et opère dans les secteurs des composants et des systèmes de production sous les marques Comau et Teksid. La FCA emploie près de 200 000 personnes dans le monde.

1.3. Historique du groupe stellantis :

Le tableau 1 présente l'historique du groupe stellantis.

Octobre 2019	Annonce de la part d'un communiqué que « Les groupes PSA et FCA envisagent d'unir leur force pour construire un leader mondial et entrer dans une nouvelle ère de la mobilité durable ».
18 Décembre 2019	Signature d'un « Accord de rapprochement engageant » en vue de fusion des activités des groupes PSA et FCA .
Juillet 2020	Le nom du nouveau groupe est désormais STELLANTIS , issu du « Stello » verbe latin qui signifie « Briller d'étoiles ».
22 Décembre 2020	Le feu vert est donné par la commission européenne pour la fusion de PSA et FCA .
4 Janvier 2021	Approbation de la fusion des groupes par les actionnaires de PSA et FCA .
16 Janvier 2021	Naissance et lancement du groupe STELLANTIS .

Tableau 1 : Historique du groupe stellantis

1.4. Marques du groupe Stellantis :

Le groupe exploite quatorze marques de constructeurs automobiles, deux marques de service de mobilité ainsi que différentes marques d'équipementiers et préparateurs.

- **Constructeurs automobiles :**

Le tableau 2 rassemble les marques des constructeurs automobiles de Stellantis.

Marques	Logo	Création	Segment
Abarth		1949	Spécialisé(sportives)
Alfa Romeo		1910	Haut de gamme
Chrysler		1925	Généraliste haut degamme
Citroen		1919	Généraliste (et utilitaires)
Dodge		1914	Spécialisé (sportives etmuscle cars)
DS Automobiles		2014	Haut de gamme

Fiat		1899	Généraliste (et utilitaires)
Jeep		1941	Spécialisé (tout-terrain)
Lancia		1906	Haut de gamme
Maserati		1914	Luxe
Opel		1899	Généraliste (et utilitaires)
Peugeot		1889	Généraliste (et utilitaires)
RAM		2009	Utilitaires (pick-ups et camionnettes)
Vauxhall		1903	Généraliste (et utilitaires)

Tableau 2 : Marques des constructeurs automobiles de Stellantis

- **Service :**

Les marques de service de Stellantis sont représentées dans le tableau 3.

Marques	Logo	Création	Secteur
Free2Move		2016	Services de location et de covoiturage
Leasys		2001	Services de location et de mobilité

Tableau 3 : Marques de service de Stellantis

- **Équipementiers et préparateurs :**

Les marques des équipements et préparateurs de Stellantis sont représentées dans le tableau 4.

Marques	Logo	Création	Secteur
Comau		1973	Equipementier
Faurecia		1997	Equipementier
Mister-Auto		2008	Equipementier
Mopar		1937	Equipementier
SRT		2002	Préparateur automobile
Teksid		1978	Equipementier
VM Motori		1947	Equipementier

Tableau 4 : Marques des équipementiers et préparateurs de Stellantis

1.5. Fiche technique du groupe Stellantis :

La fiche technique du groupe Stellantis est représentée dans le tableau 5.

Raison sociale	Stellantis
Forme juridique	Naamloze Vennootschap (NV)
Direction	Président de conseil d'administration : John Elkann Directeur général: Carlos Tavares
Activité	Construction Automobile
Produits	Véhicules particuliers et utilitaires, Transport et logistique.
Siège social	Amsterdam, Pays-Bas
Chiffre d'affaires	167 milliards d'euros
Société précédente	Groupe PSA et Fiat Chrysler Automobiles
Effectif	400 000 salariés
Ventes (2019)	8,1 Millions de véhicules vendus dans le monde
Logo	

Tableau 5 : Fiche technique du groupe Stellantis

1.6. Stellantis Afrique & Moyen-Orient :

Stellantis est aujourd'hui le troisième constructeur automobile en Afrique & Moyen-Orient comme le montre la figure 2.

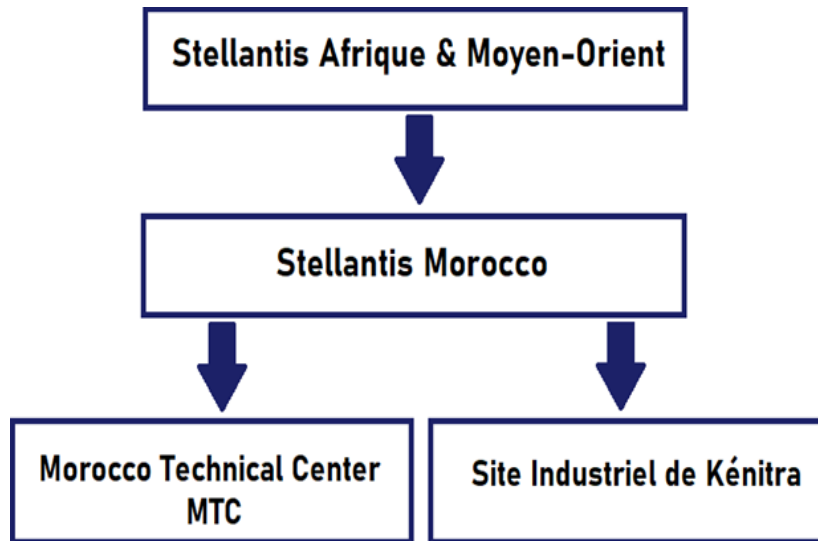


Figure 2 : Stellantis Afrique et Moyen-Orient

1.7. Morocco Technical Center MTC :

Le centre de recherche et développement MTC est le premier centre en Afrique, il a été implanté dans le pôle Nearshore du Maroc situé à Casablanca et fait partie de la direction de la qualité et de l'ingénierie. Il s'inscrit dans le dispositif R&D mondial du Groupe PSA avec des équipes engagées, impliquées et désireuses de monter en compétences afin d'être à la hauteur de la concurrence.

Le Centre MTC a prouvé sa capacité à réaliser les actions suivantes :

- Développer les activités R&D associées au plan produit local
- Apporter le support R&D nécessaire à la mise en route de l'usine de Kenitra
- Faciliter l'intégration locale des composants des futurs véhicules et organes
- Coordonner et piloter certaines activités R&D sous-traitées localement
- Coordonner et piloter des workpackage métier en vue d'assurer la montée en compétences des équipes.

2. Site industrielle de Kénitra :

2.1.Généralité :

L'usine de Kenitra (figure 3) a été implantée dans la zone franche Atlantic Free Zone sur une superficie de 50 Ha, et avec un investissement de 557 millions euros pour une capacité initiale de 90 000 véhicules en 2019 qui était portée à 200 000 unités depuis Septembre 2020.



Figure 3 : Usine Stellantis à Kénitra

2.2. Organigramme :

L'usine STELLANTIS Kénitra est organisée comme le montre l'organigramme de la figure 4.

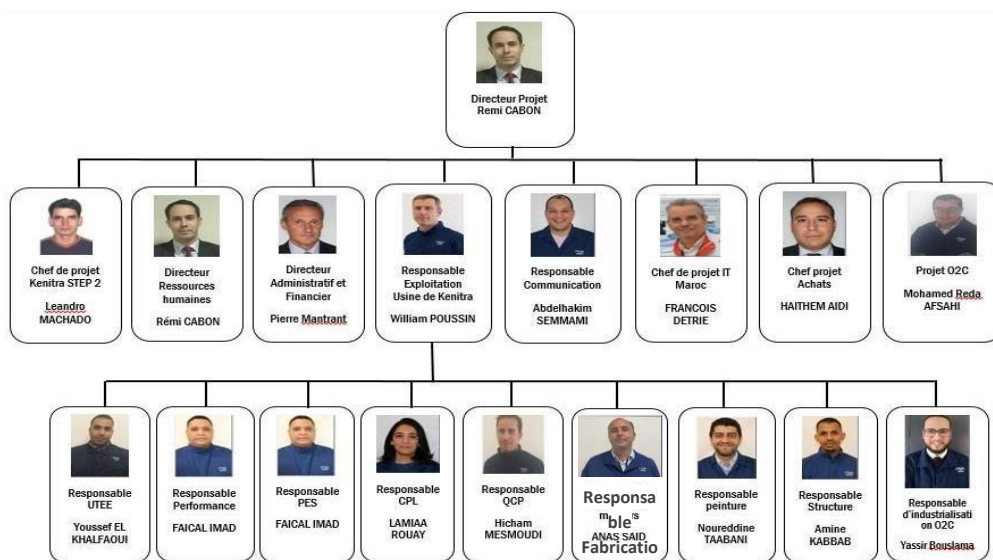


Figure 4 : Organigramme UKE

2.3. Activités et objectifs du site :

Le site fabrique des véhicules et particulièrement avec moteur « Made in Kénitra » à travers un ensemble de Processus de production :

Le premier véhicule sortant des chaînes marocaines en 2019 était avec 60 % des pièces locales.

La capacité de l'usine est de 200 000 véhicules par an à partir de septembre 2020.

Les objectifs principaux du site sont :

- Aucun défaut ;
- Satisfaction des clients : le système de management de la qualité considère la satisfaction des clients comme priorité stratégique qui se traduit par une volonté affirmée d'excellence pour les produits et l'organisation ;
- Respect de l'environnement : l'usine de Kénitra s'engage dans une démarche progressive proposant des solutions innovantes visant à apporter à ses clients la garantie du respect vis-à-vis de l'environnement.

2.4. Historique :

- **Juin 2015** : Signature de l'accord industriel avec le Maroc ;
- **Janvier 2019** : Obtention du permis d'exploitation ;
- **Juin 2019** : Inauguration de l'Ecosystème du Groupe PSA au Maroc ;
- **Août 2019** : Démarrage des travaux d'extension de l'usine (30 véhicules/h) ;
- **Septembre 2019** : Démarrage série de la production de la nouvelle 208 ;

2.5. Produits :

Le site de production de STELLANTIS à Kénitra assure la production et la fabrication du nouveau modèle Peugeot 208 (figure 5), ainsi que l'assemblage de la Citroën AMI (figure 6).



Figure 5 : Nouvelle Peugeot 208



Figure 6 : Citroën Ami

De plus, l'usine contient une ligne d'assemblage moteur (figure 7) et une unité de fabrication du berceau.



Figure 7 : Moteur assemblé à l'usine Stellantis Kénitra

3. Processus de fabrication de la Peugeot 208 :

Le processus de fabrication de Peugeot 208 (Figure 8) se structure autour des flux de 4 ateliers, à savoir Emboutissage, Ferrage, Peinture et Montage.

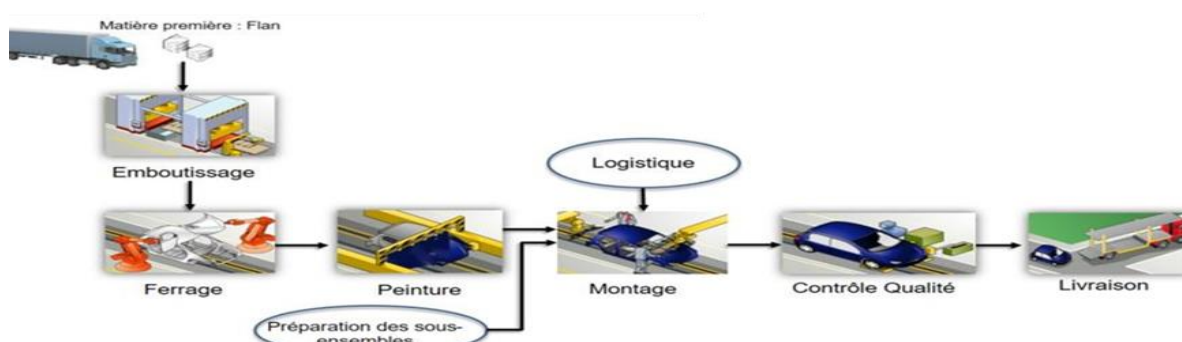


Figure 8 : Processus de fabrication Peugeot 208

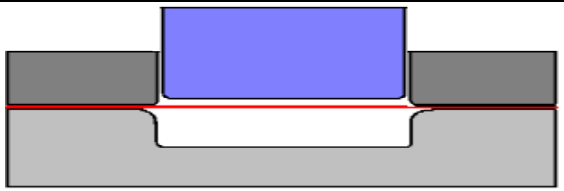
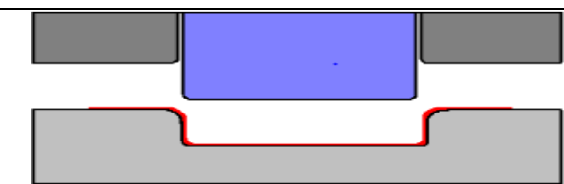
3.1. Emboutissage :

Livrée sous forme de flans, la tôle d'acier passe directement dans le processus de presse afin de prendre la forme de toutes les pièces qui constituent la caisse du véhicule (tableau 6).

12 Gammes- 26 Pièces
- Côté De Caisse D (1P) - Côté De Caisse G (1P) - Doublure porte AV D/G (2P) - Doublure porte AR D/G (2P) - Panneau porte AV D/G + Panneau porte AR D/G (4P) - Encadrement porte AV/AR D/G + Renfort AV D/G (6P) - Capot + Doublure capot (Aluminum) (2P) - Aile AV D/G (2P) - Pavilion (1P) - Volet AR + Doublure volet AR (2P) - Panneau AR + Doublure panneau AR (2P) - Plancher de charge (1P)

Tableau 6: Produits de l'emboutissage

Principalement, l'emboutissage comporte 5 phases :

Phase 1 : Le poinçon et serre-flan sont déjà relevés, poser la tôle, préalablement graissée, sur la matrice.	 <i>Figure 9 : phase 1 emboutissage</i>
Phase 2 : Le serre-flan descend afin de serrer le pourtour de la tôle sur la matrice.	 <i>Figure 10 : phase 2 emboutissage</i>
Phase 3 : Le poinçon descend en appliquant une pression sur la tôle afin de la déformer.	 <i>Figure 11 : phase 3 emboutissage</i>
Phase 4 : Relever le poinçon et le serre-flan, la pièce reste formée au fond de la matrice	 <i>Figure 12 : phase 4 emboutissage</i>
Phase 5 : Détourer la pièce emboutie en éliminant les parties inutiles.	

3.2. Ferrage :

Les pièces de tôle issues de l'atelier d'emboutissage constituent un puzzle qu'il reste maintenant à assembler pour constituer, par diverses technologies, la "caisse en blanc", prête à peindre.

C'est dans cet atelier que démarre véritablement la ligne de production.

Le processus de ferrage est présenté dans la figure 13.



Assemblage de l'armature

Assemblage des cotes de caisse

Conformation géométrique

Assemblage de la caisse

Figure 13 : Processus ferrage

La figure 14 représente l'implémentation de l'atelier ferrage.

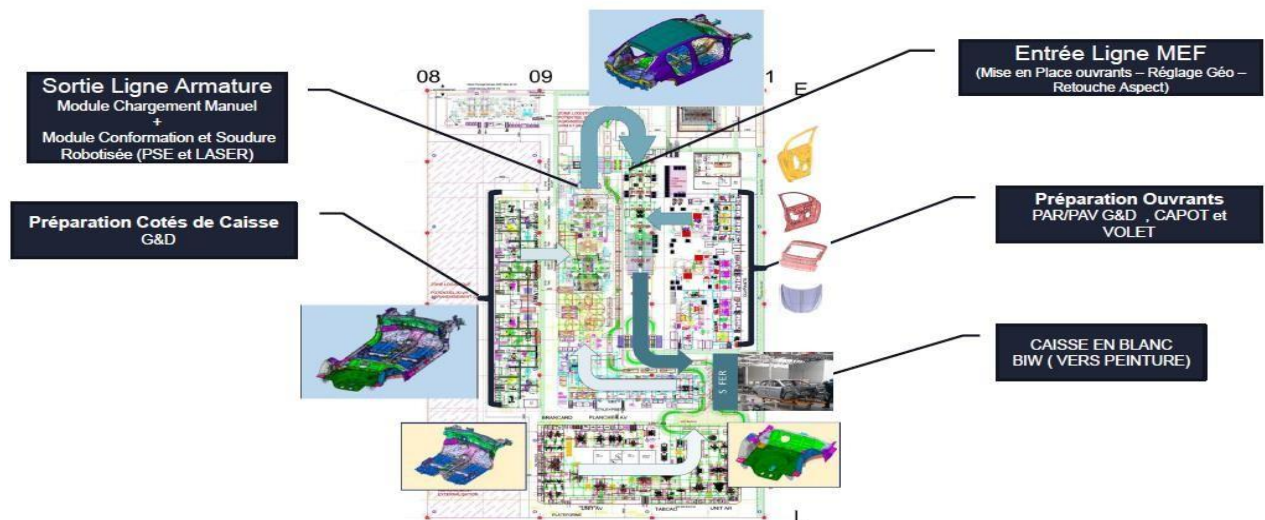


Figure 14 : Implémentation atelier ferrage

La figure 15 décrit le flux de l'atelier ferrage en détail.

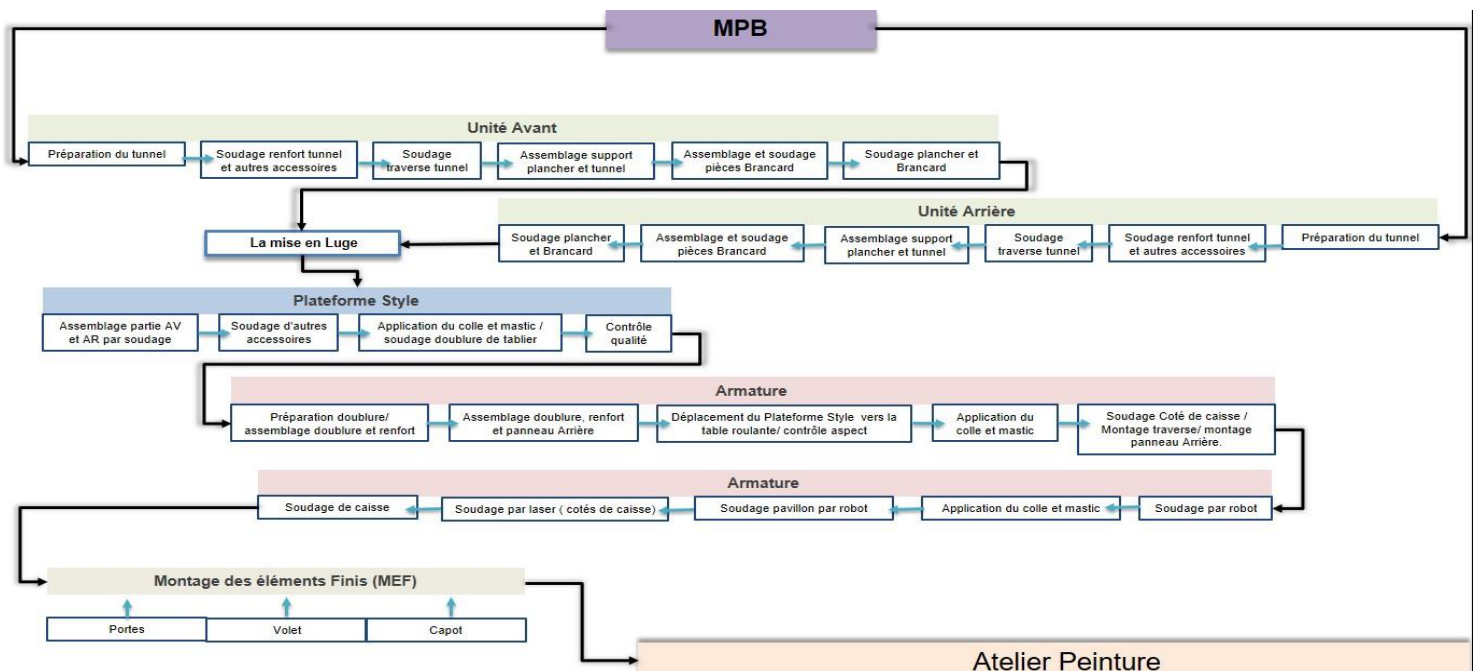


Figure 15 : Processus de production ferrage

La figure 16 représente les différentes UEP de l'atelier ferrage.



Figure 16 : UEP Ferrage

3.3. Peinture :

Le département peinture est la troisième étape de notre Processus de fabrication, chargé de protéger la carrosserie de la voiture contre la corrosion et de fournir l'aspect final qui répond aux sollicitations de qualité. Les six étapes que traverse la caisse en blanc sont :

- **Traitement de surface :**

Le traitement de surface pour la préparation du support est exécuté par un traitement de dégraissage accompagné par un traitement de phosphatation pour assurer la résistance à la corrosion et l'adhérence de la couche déposée ultérieure.

- **Trempe cataphorèse + rinçage + étuvage :**

En même temps, la cataphorèse défend la robe et le corps creux (garantie de 12 ans contre la corrosion du véhicule). Postérieurement, les caisses sont cuites durant 35 minutes à 170 °C.

Cette sous étape exige le passage au bain anticorrosion cataphorèse, la caisse est alors nettoyée ensuite immergée dans ce bain comme le montre la figure 17 suivante :



Figure 17 : Passage du véhicule dans le bain anticorrosion cataphorèse

- **Application de produits épais (Mastic d'étanchéité) :**

L'étanchéité se fait manuellement. À ce stade, des produits imperméables et incassables sont appliqués sur des zones spécifiques, telles que les joints de tôle et les surfaces vulnérables à l'érosion. Le mastic est cuit à 145 ° C pendant 22 minutes, ce qui est présenté dans la figure 18.



Figure 18 : Réalisation manuelle d'étanchéité

- **Application de l'apprêt poudres teintés et étuvage :**

Cette sous étape comporte l'application des apprêts poudre qui contribuent à l'aspect final et à la résistance à l'écaillage. La cuisson dure 32 minutes à 175 °C.

Les caisses sont alors vérifiées et les pièces plastiques sont placées.

La figure 19 et la figure 20 montre l'application de l'apprêt et les caisses en sortie de peinture.



Figure 19 : Application de l'apprêt poudres base+ vernis

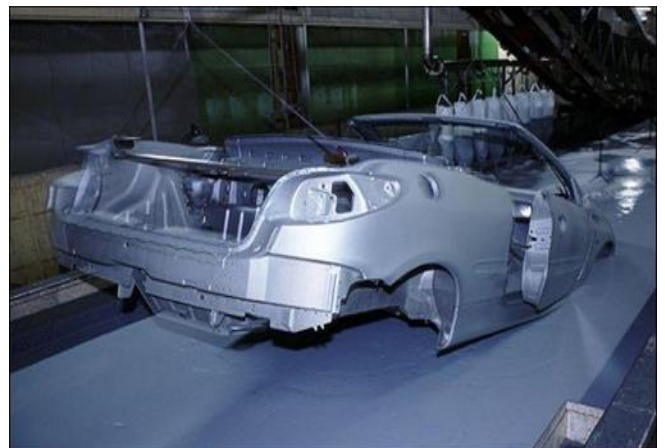


Figure 20 : Caisses en sortie de peinture

3.4. Montage :

Les caisses reviennent de la peinture et entrent au Magasin Dynamique Alvéolaire du Montage. Ce magasin à une capacité de 16 véhicules et le système est autonome afin de distribuer les véhicules sur les lignes (selon l'ordonnancement défini).

Les véhicules traversent alors les zones

Habillage Caisse :

- Démontage des portes (les portes seront disposées sur une ligne parallèle avant de rattraper le véhicule en fin de montage).
- Mise en place des faisceaux électriques, planches de bord (montées sur une ligne parallèle), insonorisations, toits ouvrants, air bags, pédaliers, moquette.
- Le pare-brise et la vitre arrière sont fixés par le robot, puis collés ensemble, puis placés sur la caisse.

Montage véhicule (MV) :

- Les différents éléments du groupe motopropulseur sont assemblés puis intégrés automatiquement à la caisse.
- Remplissage des fluides.
- Montage des roues et des sièges.

Habillage Moteur :

- Cette étape comprend la préparation du moteur avec la boîte (figure 21). Le site fabrique deux types de moteurs : EC5 et EB2. Les moteurs fabriqués sont stockés dans la zone CPC.



Figure 21 : Ligne montage de la Peugeot 208

3.5. Bout d'usine :

Les véhicules sont transportés du service d'assemblage pour l'inspection finale, c'est-à-dire le réglage du parallélisme, l'inspection dynamique, le test de piste et les retouches terminales en cas de défauts, pour qu'ils soient finalement commercialisés.

tâches à effectuer dans le projet. Il représente graphiquement l'avancement du projet.

Conclusion

L'objectif de ce premier chapitre est de présenter le groupe STELLANTIS KENITRA, son historique, son implantation, ses marques et ses ventes. Nous avons également décrit les différents processus intervenant dans son activité de production des véhicules et ses domaines d'activité. Le chapitre suivant fournira une étude critique de notre système de production.

Chapitre 2

Contexte général du projet et présentation de la ligne

À travers ce chapitre, nous avons exposé la problématique à traiter et la démarche que nous avons adoptée qui est la démarche DMAIC de Six Sigma.

Nous allons donc entamer le déploiement de cette démarche dans la deuxième partie, qui sera consacré à présenter de manière succincte un diagnostic et un état des lieux de notre périmètre de travail.

I. Problématique du projet :

Notre projet s'inscrit dans le cadre de l'amélioration continue et la recherche de l'excellence industrielle de l'usine. Il consiste à déployer en premier lieu le master plan performance qui est un guide de gestion de performances globale de l'usine et qui permet de mettre en place un système de pilotage formalisé et bien structuré. Il définit la vision stratégique de l'entreprise des trois prochaines en termes de grands projets d'investissement en alignant transversalement les actions de tous les métiers (emboutissage, ferrage, peinture, montage, assemblage moteur) du sorte que notre étude va se concentrer initialement sur l'unité élémentaire de production de Côté de caisse droite et gauche.

1. Les axes du projet :

- Prévenir la saturation des lignes de production.
- Augmenter le volume de production.
- Améliorer la cadence.
- Repérer les problèmes existant dans la ligne.
- Améliorer la cadence à moindre coût.

2. Charte du projet :

2.1. QQQQCP :

Pour arriver à déployer ces axes un bon cadrage du projet primordial. Pour ce faire nous utilisons l'outil QQQQCP afin d'atteindre les objectifs de chaque axe.

Qui ?	L'ensemble du personnel de l'usine PCAM Kenitra-département Structure, plus précisément l'UEP CDC (Métier Ferrage).
Quand ?	28 Février – 26 Août.
Où ?	Département structure-usine stellantis Kénitra
Quoi ?	Amélioration des performances de nos système de production.
Comment ?	- Comprendre le fonctionnement des différentes lignes de production, les enjeux et les objectifs. - Analyser l'existant (forces/faiblesses, causes de dégradation de performance). - Maitriser le Processus et minimiser les écarts.
Pourquoi ?	satisfaire le client en termes de volume, de délai et de qualité.

2.2. Tableau de la charte du projet :

Une étape indispensable pour lancer notre projet et donner le plus de détail possible est la réalisation de la charte qui va nous permettre d'identifier adéquatement notre périmètre ainsi notre travail à venir, le tableau 7 présente la charte du projet.

Charte De Projet	
Titre de projet :	
Analyse et amélioration des performances de la ligne CDC – Métier Ferrage	
Description du projet:	
Identifier les paramètres influents, et les causes racines de l'instable de performances, ainsi de mettre en place des solutions adéquats afin d'améliorer les postes de la ligne CDC D	
But de projet:	
Le but attendu de ce travail est de résoudre efficacement l'écart entre les objectifs planifiés et atteints afin de fournir une organisation plus efficace capable d'absorber les nouveaux volumes de production.	
Groupe de travail :	
Nom	Statut
Amina JOUINEH	Stagiaire performances
Khadija EL QADI	Responsable d'unité CDC (Encadrante industrielle)
Imane MOUTAOUAKKIL	Encadrante pédagogique
Mr Mohammed BOUHAOUI	Responsable de groupe de l'unité CDC
Mr Said EL KHOMRI	Directeur département structure
Démarche de projet(DMAIC)	
- Définir : définir la zone problématique au niveau du Processus - Mesurer : quantifier le problème et réunir différents types d'informations afin de mieux évaluer la situation actuelle - Analyser : distinguer les causes racines de la dégradation des performances de notre Processus. - Innover : mise en place des actions correctives. - Contrôler : évaluer l'avancement des actions et Contrôler les résultats.	

Tableau 7 : Charte de projet

2.3. Approche méthodologique :

2.3.1. Démarche KAIZEN :

La Méthode KAIZEN met l'accent sur la prise de conscience des problèmes et fournit des clefs permettant de les identifier. Si l'on ne reconnaît pas l'existence d'un problème, on ne reconnaît pas non plus la nécessité d'une amélioration.

Une fois identifiés, les problèmes doivent être résolus, KAIZEN est donc aussi un processus de résolution de problèmes. Il exige de recourir à des outils variés de résolution de problèmes.

Dans une entreprise, un problème, c'est tout ce qui provoque des inconvénients aux personnes qui sont en aval, qu'il s'agisse de celles qui travaillent sur le processus suivant ou du client final. Dans la méthode KAIZEN, il faut éliminer complètement les trois grands défauts que l'on rencontre dans les usines.

Les trois grands défauts peuvent s'exprimer par trois mots japonais, les 3 M :

- MUDA, gaspillage.
- MURA, irrégularité des flux de production.
- MURI, le déraisonnable ou l'excès.

⇒ Il y a MUDA ou gaspillage lorsque des matériaux, de l'équipement ou du personnel sont conservés en excès, ou mis en œuvre sans ajouter de valeur réelle aux produits. Muda signifie gaspillage, toute opération ne générant pas de valeur ajoutée.

Il faut donc procéder à la recherche et l'élimination totale des Mudas provenant des allés et retours inutiles des produits et des mouvements inutiles des opérateurs.

⇒ Il y a MURA ou Irrégularité des flux, lorsque, par exemple, les livraisons de composants sont intermittentes et perturbent ainsi la régularité du flux de production de l'usine. Mura, ou irrégularité, Les à-coups, les ruptures de rythme, conduisent souvent à installer des "buffers", des stocks tampons afin de lisser les flux irréguliers. Cette acceptation revient à créer du Mura. L'approche japonaise cherche à éliminer les causes des irrégularités et non à les masquer. En diminuant graduellement la taille des stocks tampon, on révèle les causes des irrégularités et on s'attache alors à les éliminer. L'idée de base est que tout flux de production doit s'écouler harmonieusement comme une rivière. Si des obstacles encombrent son cours, il faut retirer les obstacles et non pas rajouter de l'eau. Le manque d'équilibrage (irrégularité du flux) des processus risque

aussi d'entraîner des attentes de machines et main d'œuvre. Il convient donc de procéder à l'élimination de tous les facteurs d'irrégularités des flux de production.

⇒ MURI - Eliminer le Déraisonnable et l'Excessif : Muri, l'excès, le déraisonnable. Ce sont par exemple les matériels et matières achetés en excès, en avance, l'excès de matière première ou de pièces dans les ateliers. Tout cela constitue un gaspillage de trésorerie (on a payé du matériel qui reste à attendre, sans qu'on en ait réellement besoin), gaspillage de place, d'espace. Mais le Muri c'est aussi la main d'œuvre excessive, inefficace, en attente d'occupation. Ce sont les opérations inutiles héritées de modes opératoires obsolètes et non révisés. Ce sont les erreurs qui nécessitent des opérations correctives ou la non-qualité qui nécessite de produire plus de pièces pour compenser les pertes.

Chacun peut chercher l'amélioration continue (kaizen) dans tous les thèmes liés au travail quotidien :

- **Sécurité (réduire les risques de blessures)**
- **Qualité (satisfaire les clients)**
- **Ergonomie (faciliter l'employabilité)**
- **Délais (réduire les stocks, les attentes, les encours...)**
- **Coûts (augmenter les marges) ...**

II. Phase Définir :

1. Périmètre concerné :

Ce chantier porte sur l'étude de la Processus généralement et des postes de travail de la ligne de côté de caisse droite (figure 22) et gauche (figure23).



Figure 22 : CDC droite



Figure 23 : CDC gauche

2. Diagramme de SIPOC :

Avant d'attaquer un projet d'amélioration de Processus, il est nécessaire de bien saisir ses caractéristiques et son fonctionnement.

Le diagramme SIPOC (figure 24) est un outil de visualisation qui nous permet de mieux comprendre le périmètre concerné et d'identifier les éléments pertinents liés à notre Processus ainsi de définir les interactions (Inputs & Output) et les parties prenantes (Supplier & Customer) telles que :

- **SUPPLIERS** : fournisseurs internes et externes, délivrant les éléments en entrée.
- **INPUTS** : la liste des entrées (informations, matières...) alimentant le Processus et transformées par les activités à venir.
- **PROCESSUS** : Description des principales activités, étapes, tâches et opérations qui transforment les entrées en sorties.
- **OUTPUTS** : liste des éléments de sortie (résultats, productions, documentation...) qui seront par la suite transférés aux clients (ou bien pour d'autres Processus en aval).
- **CUSTOMERS** : trouver les clients internes et externes, intermédiaires et finaux.

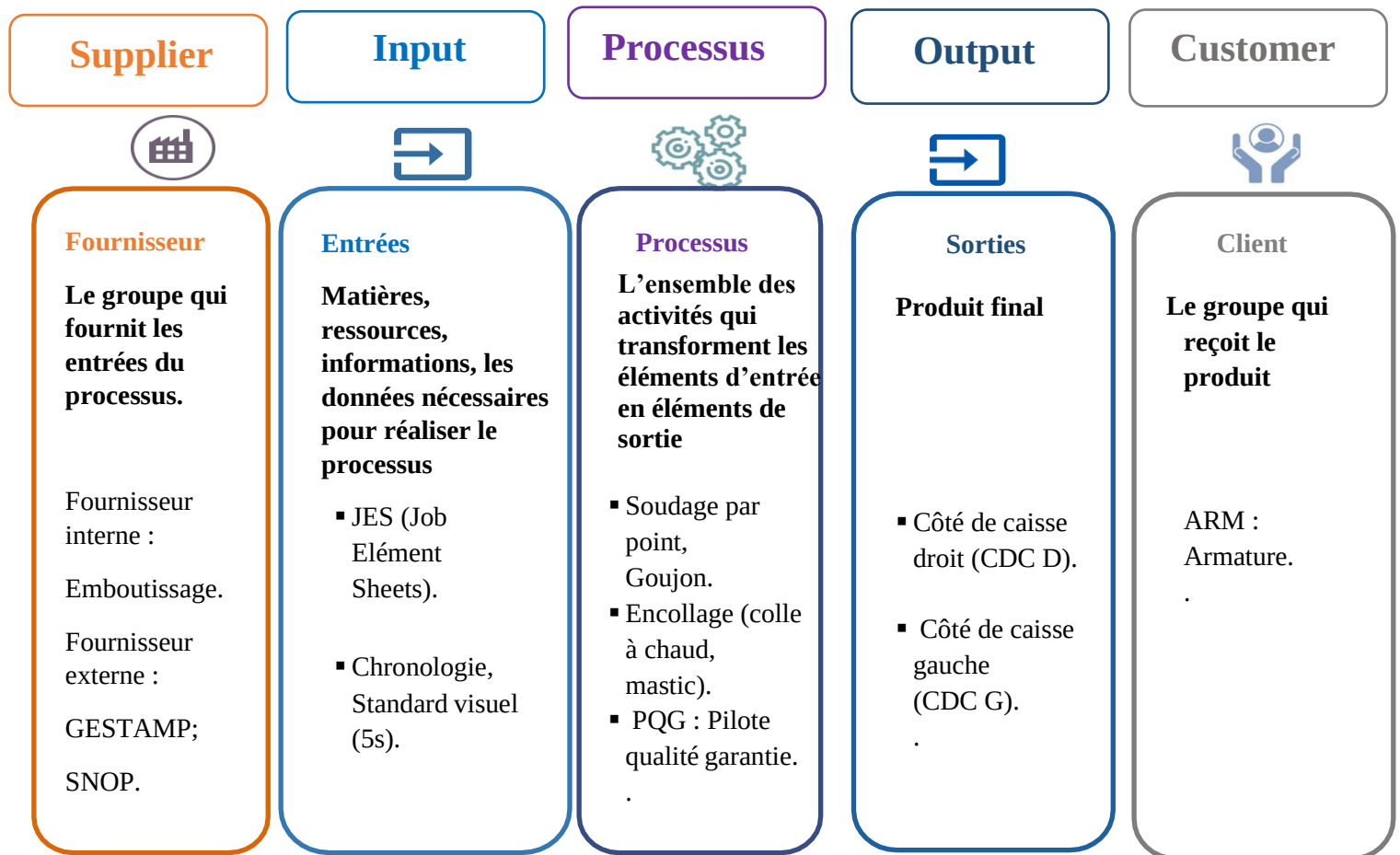


Figure 24 : SIPOC de la ligne côté de caisse

3. Description de la ligne CDC :

La ligne côté de caisse divisé en côté droite et gauche de telle façon qu'il y a une symétrie des modules, des postes de travail, et de nombres des opérateurs dans les deux côtés comme le montre le tableau 8.

↪ CDC D (côté de caisse droite).

- Module Anneau Avant (**ANN AV**).
- Module Anneau Arrière (**ANN AR**).
- Finition.

↪ CDC G (côté de caisse gauche).

- Module Anneau Avant (**ANN AV**).
- Module Anneau Arrière (**ANN AR**).
- Finition.

Les Modules	Les postes	Nombre d'opérateurs	Nombre des moniteurs
Anneau Avant droit et gauche (ANN AV D/G)	Poste 10	7 Opérateurs (Droit)	1 Moniteur D
	Poste 15	7 Opérateurs (Gauche)	1 Moniteur G
	Poste 20	14 Opérateurs dans le module ANN AV(D/G)	2 Moniteurs dans le module ANN AV (D/G)
	Poste 17		
Anneau Arrière droit et gauche (ANN AR D/G)	Poste 40	7 Opérateurs(Droit)	1 Moniteur D
	Poste 45	7 Opérateurs (Gauche)	1 Moniteur G
	Poste 50	14 Opérateurs dans le module ANN AR(D/G)	2 Moniteurs dans le module ANN AR (D/G)
	Poste 60		
	Poste 65		
	Poste 67		
Finition	Poste 30	10 Opérateurs (droit)	1 Moniteur D
	Poste 35	10 Opérateurs (Gauche)	1 Moniteur G
	Poste 140	20 Opérateurs dans le module FINITION(D/G)	2 Moniteurs dans le module FINITION (D/G)
	PQG		
		48 Opérateurs dans la ligne CDC	6 Moniteurs dans la ligne CDC

Tableau 8 : Description de la ligne

La figure 25 présente le diagramme LAYOUT détaillé de la ligne : côté de caisse droite et gauche. Et la cartographie de processus simplifié de la ligne (figure 26) , quel que soit droite ou gauche, car comme déjà mentionné nous avons une symétrie des modules et des postes.

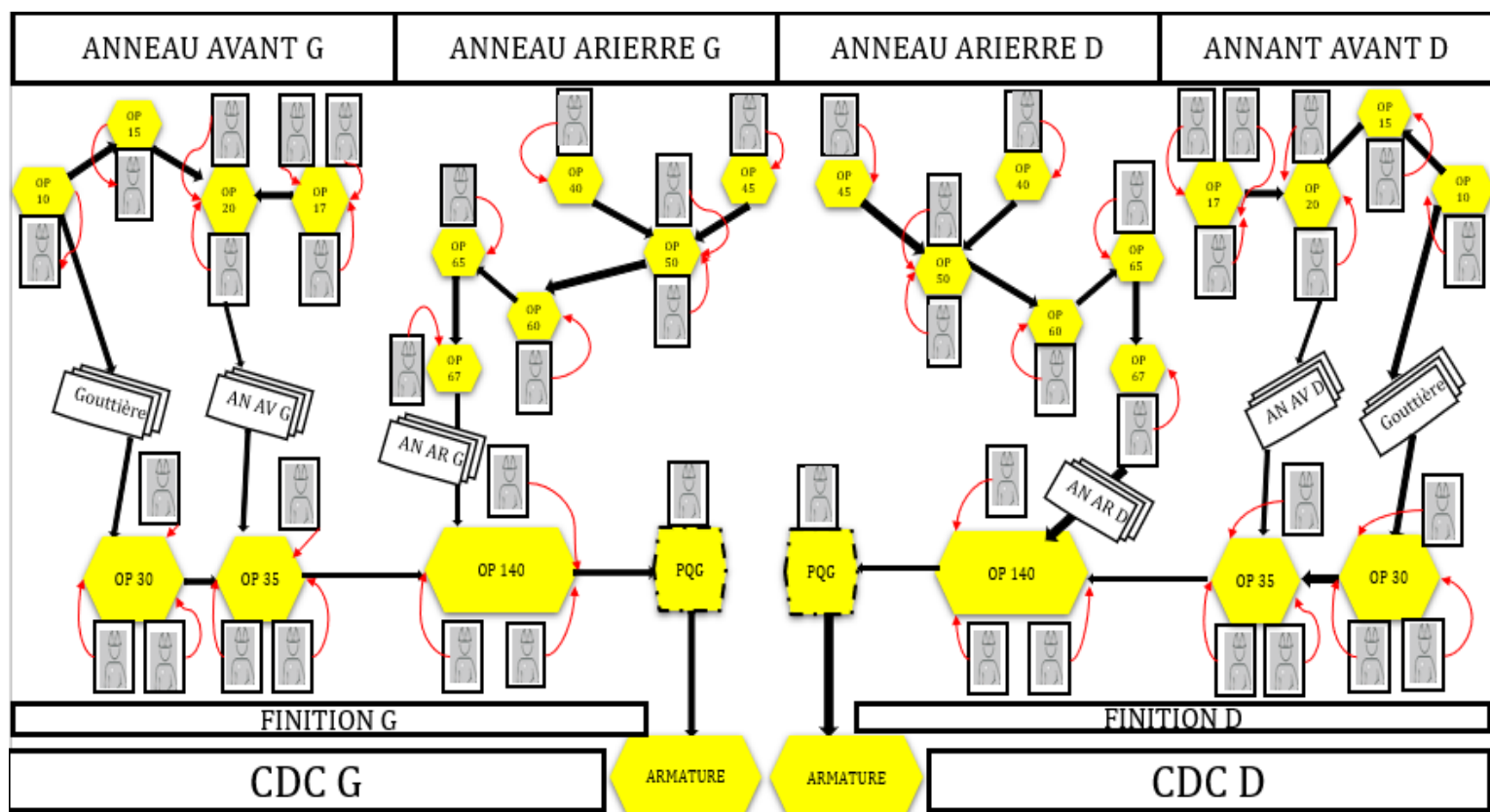


Figure 25 : Diagramme layout de la ligne CDC

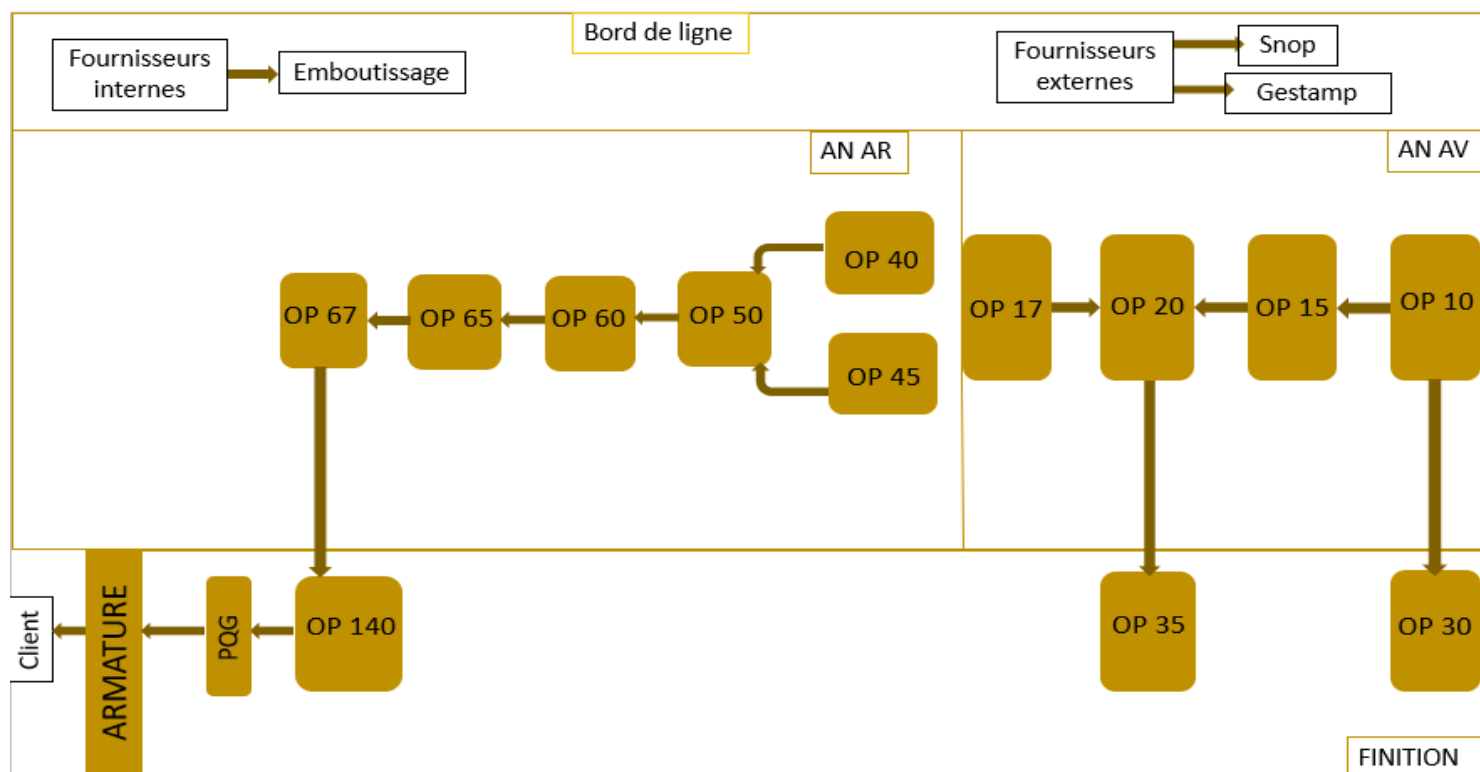


Figure 26 : Cartographie simplifié de processus (D/G)

⇒ Remarque :

- Les flèches colorées en **rouge** désignent les opérations de chargement des pièces de bord de ligne vers le poste de travail, aussi le chargement à partir des postes de travail d'autres module dans la ligne.
- Les flèches colorées en **vert** désignent le flux de processus entre les postes de travail de module.

4. Description des modules, postes de travail :

4.1. L'anneau avant :

Le module	Les postes	La description des opérations du poste	Nombre des opérateurs	Les points de soudage et d'encollage	Le type du pince	Les fournisseurs
L'ANNEAU AVANT	OP 10 D/G	Préparation doublure ANN AV D/G +Gouttière : ▪ Chargement des pièces. ▪ Soudage 5 PSE du doublure AN AV D/G. ▪ Soudage 7 PSE gouttière. ▪ Déchargement de la gouttière.	1	12 PSE (soudage par point)	ISI	SNOP GESTOMP
	OP 15 D/G	Encollage de doublure+ Insert gonflant du Gouttière (IG) : ▪ Préparation logement Feu Ar. ▪ Déchargement du doublure AN AV D/G et encollage colle à chaud.	1	12 cordons d'encollage $\Phi=2$ mm		OP 10
	OP 17 D/G	Préparation de la structure de l'anneau avant : ▪ Chargement des pièces. ▪ Préparation insert gonflant. ▪ Soudure (7+14+10) PSE ▪ Déchargement de L'AN AV vers OP20 par un opérateur de OP17 et OP20.	3	31 PSE (soudage par point)	3 pinces : ARO	SNOP GESTOMP
	OP 20 D/G	Préparation de l'anneau avant : ▪ Chargement de la doublure AN AV dans l'OP20. ▪ Soudure 34 PSE. ▪ Déchargement de L'AN AV vers le support	2	34 PSE (soudage par point)	2 Pinces : ISI	OP 17 OP 15

Tableau 9 : Description de processus de L'ANN AV

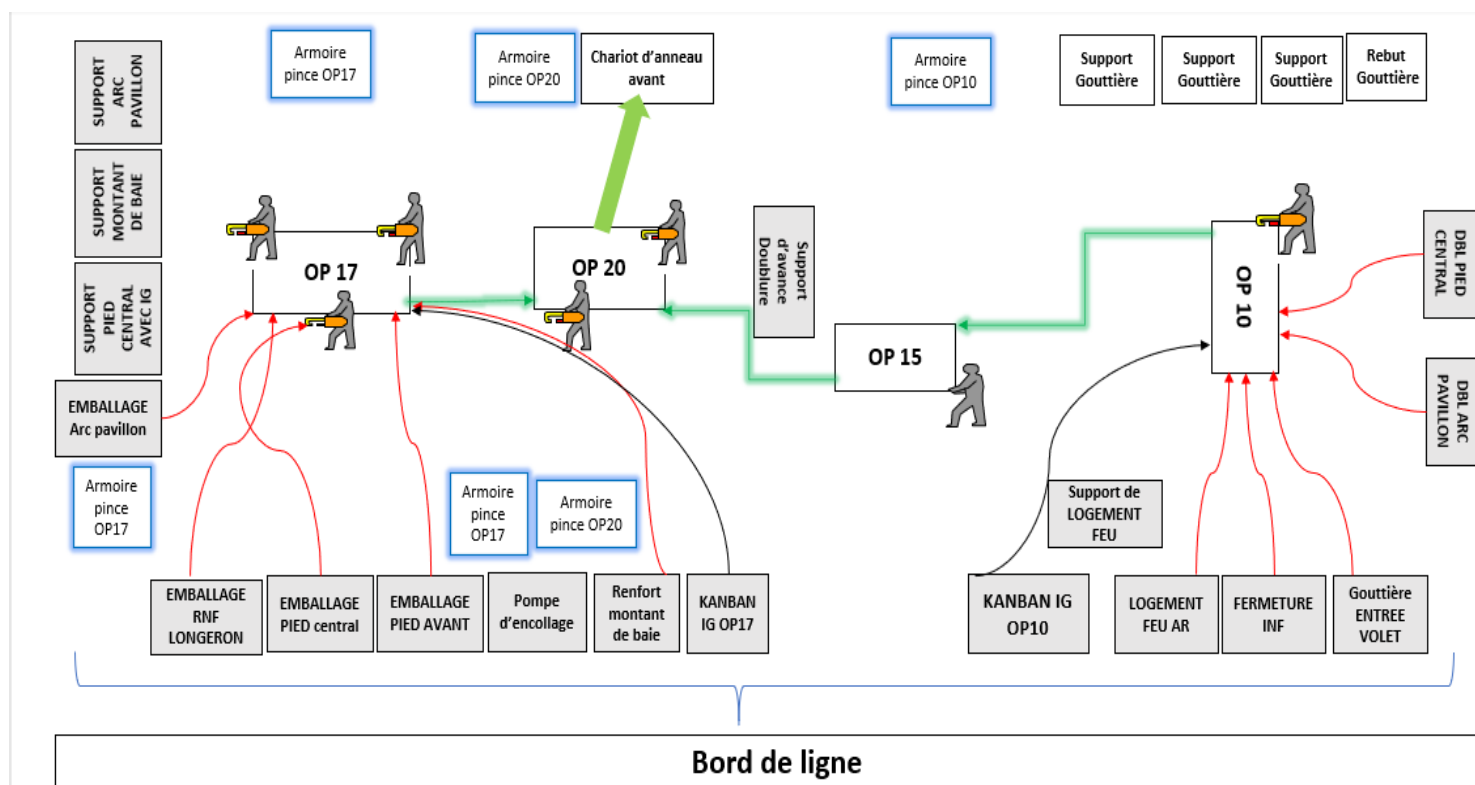


Figure 27 : Processus de module ANN AV

4.2. L'anneau arrière :

Le module	Les postes	La description des opérations du poste	Nombre des opérateurs	Les points de soudage et Goujon, d'encollage	Le type du pince	Les fournisseurs
	OP 40 D/G	Assemblage ANN.AR avec CDC - Chargement de 5 pièces. - Avancer serrage manuel et fermer les serrages. - Engager pince et souder 13 PSE(6+4+3) OP40, dégager pince. - Faire tourner le moyen à 180 ° dans chaque opération du soudage.	1	13 PSE (soudage par point)	ISI	SNOP GESTOMP
	OP 45 D/G	Préparation doublure Custode - Chargement de 5 pièces. - Soudure 17 PSE OP45. - Faire tourner le moyen à 90 ° pour assumer le soudage de tous les points.	1	17 PSE (soudage par point)	ARO	SNOP GESTOMP

[illegible]

Tableau 10 :Description de processus de L'ANN AR

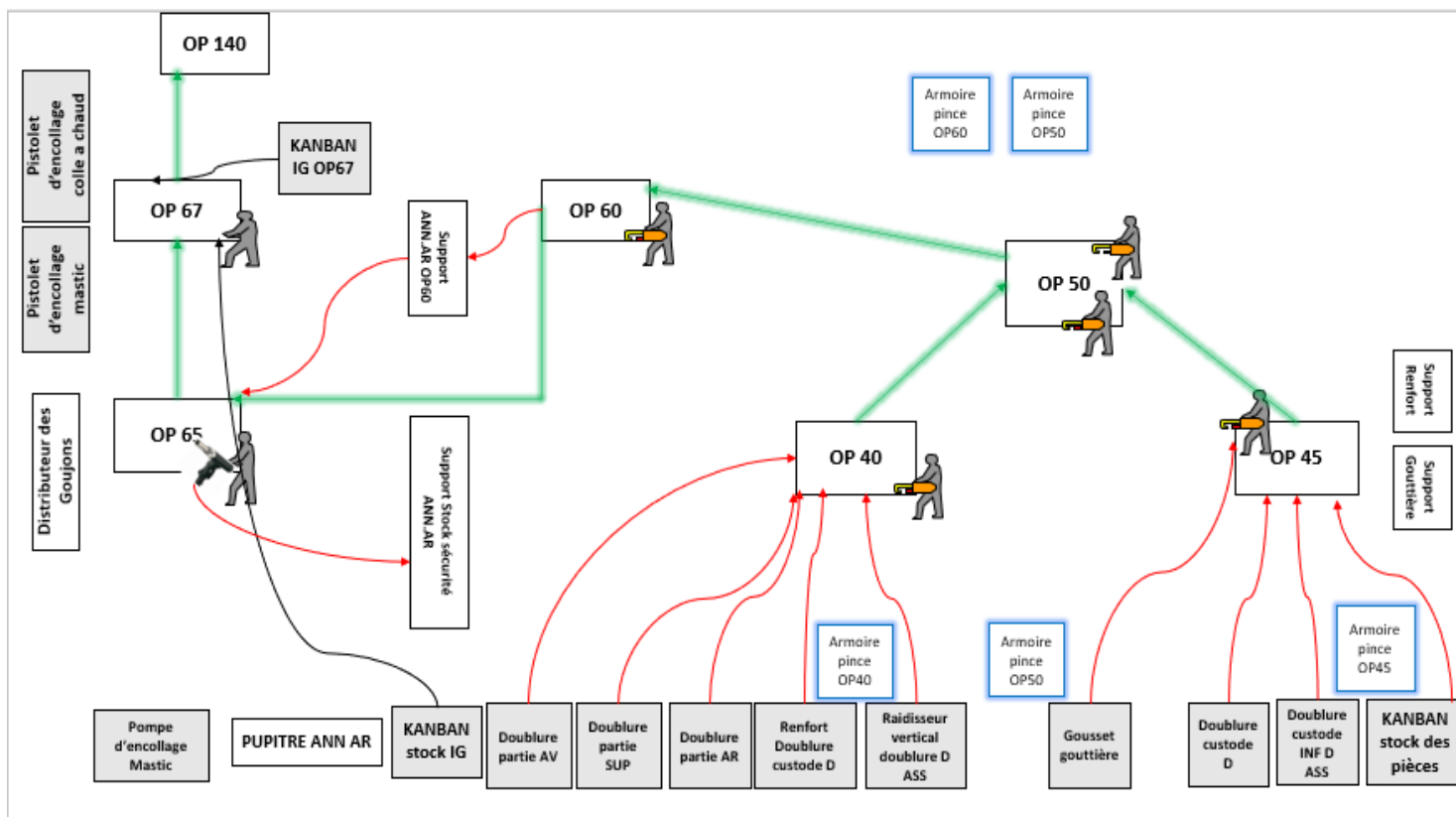


Figure 28 : Processus de module ANN AR

4.3. Finition :

Le module	Les postes	La description des opérations du poste	Nombre des opérateurs	Les points de soudage et Goujon, d'encollage	Le type du pince	Les fournisseurs
	OP 30 D/G	Assemblage Renfort ANN AV avec CDC brut - Chargement de la Gouttière de l'OP 10. - Chargement de CDC brut. - Soudure (8+3+7+3) PSE. - Prendre pistolet et souder 2 goujons 6*22. - Fermeture des serrages. - Se déplacer au manipulateur intermédiaire OP30-OP35	3	2 Goujons 21 PSE (soudage par point)	pistolet Goujon 6*22 3 Pincés : ISI	OP 10 Emboutissage SNOP GESTOMP

OP 35 D/G	Assembler ANN AV avec CDC ▪ Chargement de l'anneau avant. ▪ Charger CDC au OP35 avec l'OP30. ▪ Prendre ANN.AV et l'assembler avec CDC. ▪ Soudure (10+13+13) PSE. ▪ Décharger CDC d'OP35 par le manipulateur intermédiaire OP35-OP140.	3	36 PSE (soudage par point)	3 pinces : ARO	OP 20 OP 30
OP140 D/G	Assembler ANN AR avec CDC ▪ Assembler ANN.AR avec CDC OP140. ▪ Soudure (13+9+12) PSE. ▪ Décharger CDC d'OP 140. ▪ Se déplacer au manipulateur intermédiaire d'OP35-OP140.	3	34PSE (soudage par point)	2 pinces : ISI 1 Pince ARO	OP 67 OP 35
PQG	PQG ▪ Vérifier la présence et le positionnement des goujons. ▪ Vérifier la présence et le positionnement des inserts gonflants (IG). ▪ Contrôler l'aspect CDC. ▪ Contrôler la présence et l'état des PSE. ▪ Prendre CDC du support au chariot. ▪ Pousser le chariot CDC vers le fournisseur ARMATURE.	1			

Tableau 11 :Description de processus de finition

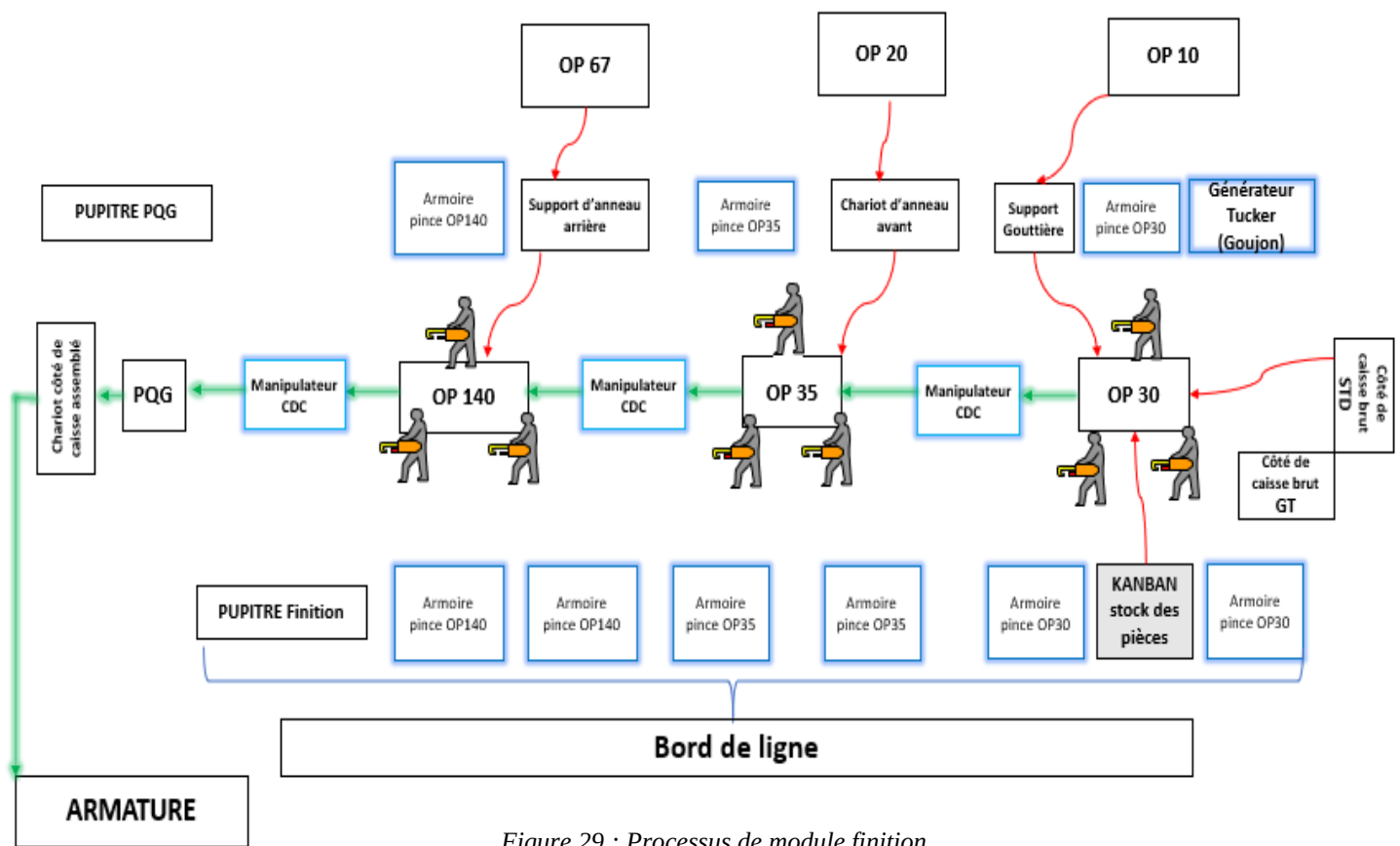


Figure 29 : Processus de module finition

Conclusion :

Après avoir fait un cadrage de projet et défini le concept d'amélioration adoptée dans la recherche des solutions des problèmes liés à la ligne ainsi que les outils utilisés dans ce projet, Les informations nécessaires qui concernent la ligne généralement et les postes de travail précisément.

Nous enchaînerons dans le chapitre suivant la phase mesurer et la phase d'analyse des problèmes existents dans la ligne.

Chapitre 3

Collecte des données et analyse de l'existant

Ce chapitre évoquera les mesures de nos indicateurs de performance pour finalement clôturer ce chapitre par une analyse des causes racines de la détérioration de l'efficience de notre ligne de côté de caisse.

I. Phase Mesurer :

1. Takt time (TT) :

Le takt time, c'est le rythme auquel il faut produire pour satisfaire la demande client, cet indicateur nous permet de produire au JAT (juste à temps).

Juste à temps, ce principe permet de produire ce que veut le client, quand il le veut et dans les quantités et qualité requises en utilisant le minimum de ressources.

Se définit par le rapport : $TAKT\ Time = \frac{Temps\ de\ production}{Demande\ client}$.

Le TAKT Time est fixé à **TT=108s (1min 48sec)**

- Sauf qu'on va prendre dans notre suivant mesure le **TT=104s** comme défi, en lui prenant en considération dans les autres phases surtout d'analyse des problèmes des postes de travail dépassent le TT.

2. Target cycle time (TCT) :

Le Target Cycle Time (TCT) est le TT en prenant en compte le rendement opérationnel, lié aux aléas de la ligne de production (arrêt, ralentissements...).

Le rendement opérationnel est un indicateur clé de performance, il s'agit d'un paramètre fondamental d'analyse, de gestion et de prise de décision qui représente le ratio entre la quantité bonne produite et la quantité réalisable.

Le Target cycle time se calcule par la formule : **TCT = TT x RO**

avec : Le rendement opérationnel objectif est fixé à 97%

Donc notre Target cycle time est : **TCT = 104 x 0,97 = 100,88** secondes (pour 33veh/h)

3. Chrono_analyse :

Le chronométrage consiste à déterminer la durée réelle pour effectuer une opération.

Il est important que l'opérateur travaille selon un cycle répétable (cyclique et rythmique) tout en respectant les modes opératoires '**Job Element Sheets**' (JES) afin de permettre l'observation au poste. Ceci est rendu impossible lorsque la succession des opérations n'est pas répétée.

Il faut même prendre en compte les fluctuations dites la variabilité du poste qui se reproduit régulièrement.

Il est impératif de répéter cette étape avec tous les opérateurs du poste (plusieurs fois par opérateur).

4. Chronométrage des postes :

Nous commençons par chronométrer les temps de cycle de chaque poste de travail qui va nous

allouer à savoir la capacité réelle de notre ligne de production, et si notre système est apte à atteindre les objectifs.

Pour avoir des résultats fiables, il était nécessaire d'observer et chronométrer chaque poste 5 fois au moins, par la suite calculer la moyenne répétable pour chaque poste. Cela en vérifiant le respect du standard par l'opérateur. Le résultat du chronométrage est représenté dans le tableau (Tableau 12) et dans le graphe (Figure 30).

Poste	Désignation	TCY	TT
OP10	Préparation Doublure AN AV + Gouttière	102,4	104
OP15	Encollage Arc Pavillon(doublure) + IG Gouttière	80	104
OP20	Préparation Doublure AN AV	90	104
OP17	Structure de L'AN AV	134	104
OP67	Encollage doublure Aile + IG	63,6	104
OP65	soudage des 2 Goujon + IG	51,8	104
OP60	Préparation Doublure Aile	94,4	104
OP45	Préparation Doublure Custode	101	104
OP50	Préparation Doublure Aile	87	104
OP40	Assemblage ANN AR avec CDC	86	104
OP30	Assemblage Gouttière avec CDC brut	82,4	104
OP35	Asseblage ANN AV avec CDC	87	104
OP140	Assemblage ANN AR avec CDC	99	104
PQG	PQG	125,6	104

Tableau 12: Chronométrage de la ligne CDC

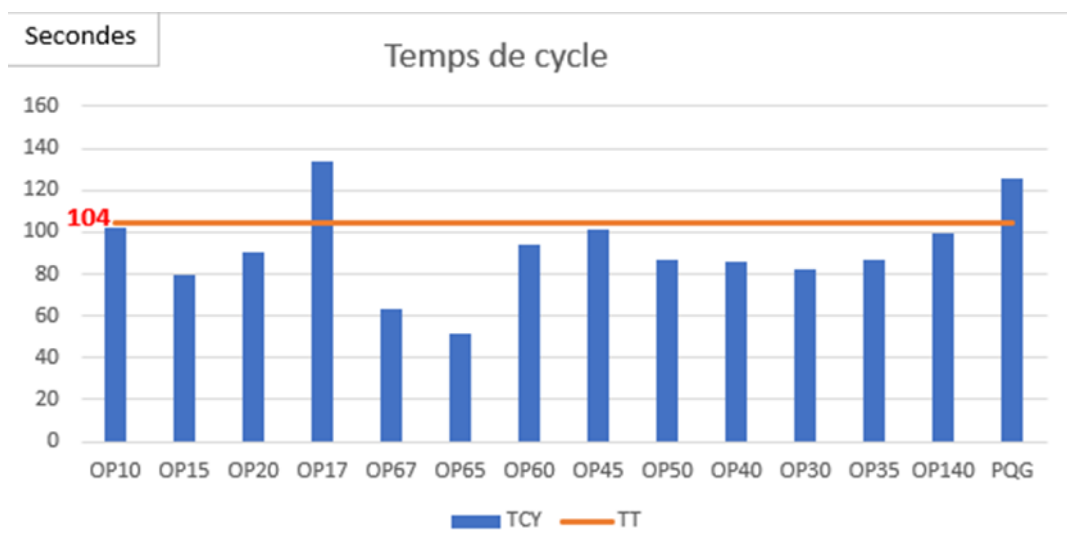


Figure 30 : Temps de cycle ligne CDC

- Nous constatons dans le **diagramme de temps de cycle** un dépassement significatif dans les deux postes **OP 17, PQG** par rapport à TT et un non-équilibre des postes

OP65 et OP67 de telle façon qu'ils sont beaucoup diminués par rapport aux autres postes.

5. Calcul d'indicateurs de performances :

5.1. Rendement processus :

Le rendement processus ou bien le taux de valeur ajoutée est un indicateur d'efficacité qui nous permet de déterminer la part d'activités à valeur ajoutée et celles des activités à non-valeur ajoutée dans chaque station de travail de notre processus, de sorte que, pour améliorer les performances, c'est plus précieux de se focaliser sur les actions à non-valeur ajoutée.

La valeur ajoutée, VA, est ce que le client est prêt à payer pour le produit (Ex. : visser une vis)

La non-valeur Ajoutée, NVA, c'est la part des dépenses qui n'apporte rien au produit = gaspillages (Ex. : déplacer une pièce)

Cet indicateur est défini comme suit :

$$\text{Rendement processus} = \text{Taux de VA} = \frac{\text{Temps des VAs}}{\text{Temps des VAs} + \text{Temps des NVAs}}$$

Le tableau (Tableau 13) et dans le graphe (Figure 31) ci-dessous illustre la mesure de cet indicateur.

Poste	Désignation	TCY	VA	NVA	TAUX VA
OP10	Préparation Doublure AN AV + Gouttière	102,4	54,2	48,2	52,93%
OP15	Encollage Arc Pavillon(doublure) + IG Gouttière	80	25	55	31,25%
OP20	Préparation Doublure AN AV	90	56,6	33,4	62,88%
OP17	Structure de L'AN AV	134	43	91	32,09%
OP67	Encollage doublure Aile + IG	63,6	48	15,6	75,47%
OP65	soudage des 2 Goujon + IG	51,8	26,6	25,2	51,35%
OP60	Préparation Doublure Aile	94,4	62	32,4	65,67%
OP45	Préparation Doublure Custode	101	72	29	71,29%
OP50	Préparation Doublure Aile	87	62	25	71,26%
OP40	Assemblage ANN AR avec CDC	86	74	12	86,05%
OP30	Assemblage Gouttière avec CDC brut	82,4	54,2	28,2	65,77%
OP35	Asseblage ANN AV avec CDC	87	54,4	32,6	62,53%
OP140	Assemblage ANN AR avec CDC	99	39	60	39,39%
PQG	PQG	125,6	71,6	54	57,10%

Tableau 13 : Rendement processus UEP CDC

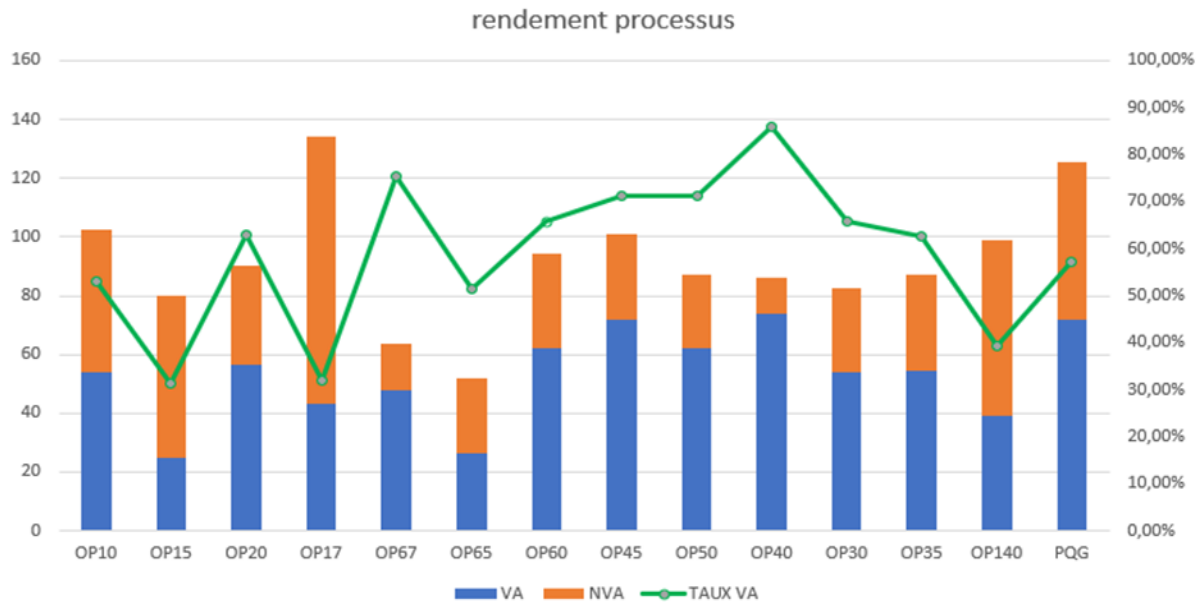


Figure 31: Rendement processus UEP CDC

- Et dans le **diagramme des VAs et NVAs** un dépassement énorme de temps de cycle (temps de VAs + temps de NVAs) sur le taux VA

VAs<NVAs (OP17)

VAs<NVAs (OP15)

VAs<NVAs (OP140)

5.2. Taux d'occupation :

C'est le pourcentage du temps disponible effectivement utilisé par un poste de travail pour la production.

Chaque opérateur doit réaliser un certain nombre d'opérations suivant un ordre bien défini, ce qui nous a permis de calculer le taux d'occupation des postes de travail.

Notre indicateur se définit par le rapport :

$$\text{Taux d'occupation} = \frac{\text{Temps de cycle de chaque poste}}{\text{Takt time}}$$

Le tableau suivant (Tableau 14) et la figure (Figure 32) illustrent les taux d'occupation de chaque poste calculé par la formule citée ci-dessus :

Poste	Désignation	TCY	TT	Taux d'occupation
OP10	Préparation Doublure AN AV + Gouttière	102,4	104	98,46%
OP15	Encollage Arc Pavillon(doublure) + IG Gouttière	80	104	76,93%
OP20	Préparation Doublure AN AV	90	104	86,54%
OP17	Structure de L'AN AV	134	104	128,85%
OP67	Encollage doublure Aile + IG	63,6	104	61,15%
OP65	soudage des 2 Goujon + IG	51,8	104	49,81%
OP60	Préparation Doublure Aile	94,4	104	90,77%
OP45	Préparation Doublure Custode	101	104	97,12%
OP50	Préparation Doublure Aile	87	104	83,60%
OP40	Assemblage ANN AR avec CDC	86	104	82,70%
OP30	Assemblage Gouttière avec CDC brut	82,4	104	79,30%
OP35	Asseblage ANN AV avec CDC	87	104	83,65%
OP140	Assemblage ANN AR avec CDC	99	104	95,19%
PQG	PQG	125,6	104	102,77%

Tableau 14 : Taux d'occupation UEP CDC

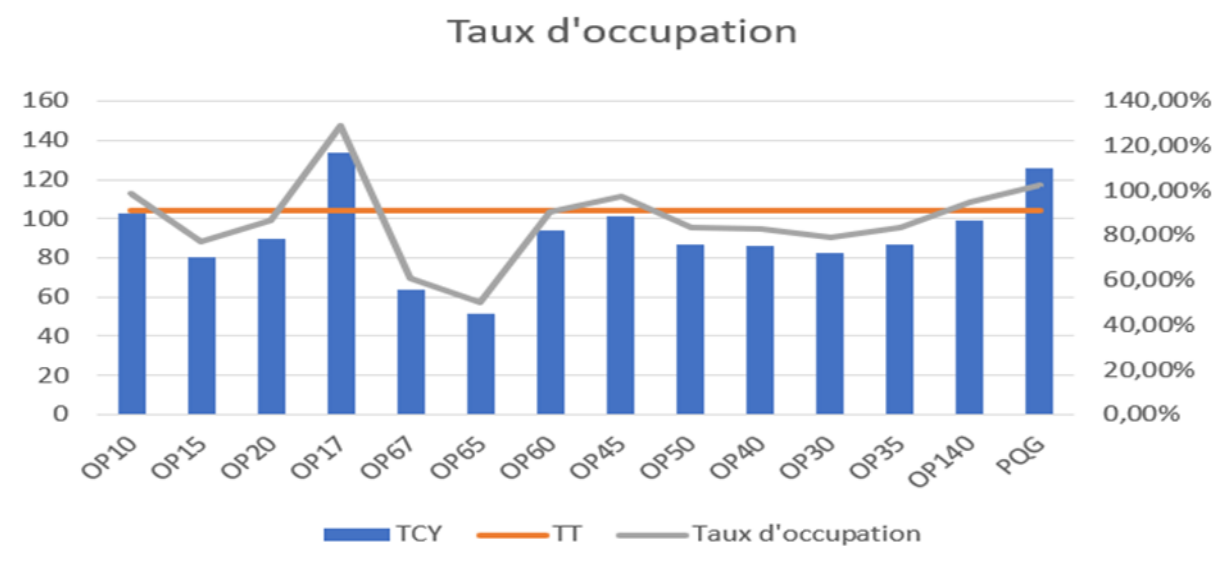


Figure 32: Taux d'occupation UEP CDC

- Aussi dans le **diagramme de taux d'occupation** un dépassement significatif de taux d'occupation par rapport au TT dans les deux postes **OP 17, OP45**.

II. Phase Analyser :

Cette étape est accordée à discriminer l'essentiel de l'accessoire, afin de concentrer nos efforts sur les vraies causes qui engendrent l'écart entre la performance actuelle et requise, effectivement à clarifier les informations collectées dans la phase précédente et identifier les pistes d'amélioration.

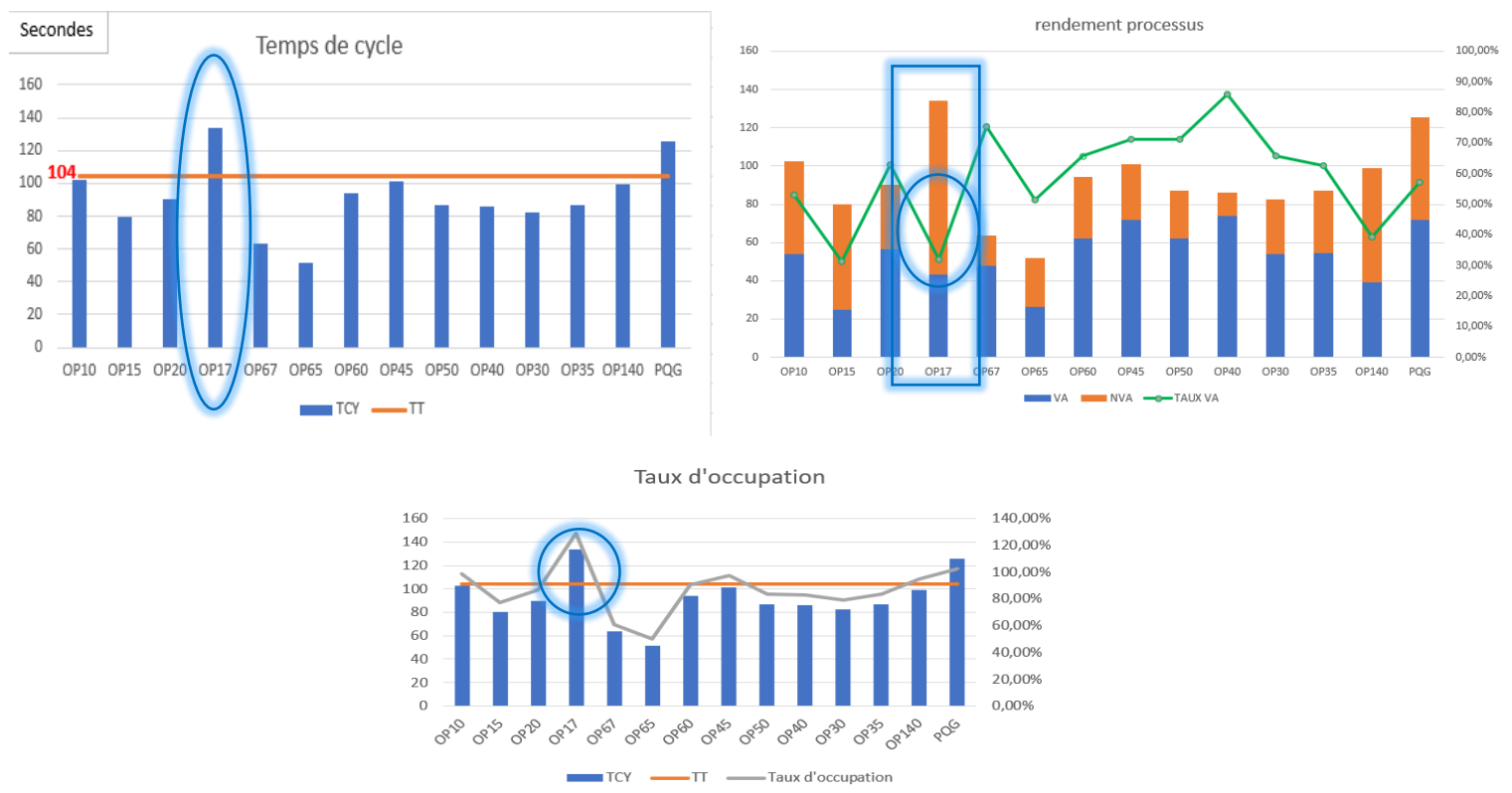
1. Analyse des problèmes de la ligne :

Tout d'abord, on a commencé notre analyse par regrouper tous les problèmes observés durant la phase précédente.

1.1. Le Poste 17 de soudage (module ANN AV) :

D'après les résultats de la phase mesurer, il apparaît des mauvaises remarques dans le poste de soudage 17.

Poste	Remarques
OP17	- le temps de cycle du poste 17 dépasse le takt time. - Les opérations de non-valeurs ajoutées dépasse les opérations à valeurs ajoutées ce qui donne un taux VA diminué. - Le taux d'occupation par rapport au takt time maximale donné est augmenté de telle façon qu'il dépasse le temps de cycle du poste et le TT.



Rechercher des causes racines :

Pour déterminer les problèmes liés au **poste 17**, il faut se focaliser sur les détails des opérations effectuées dans ce dernier. C'est pour cela, j'ai choisi de réaliser un **diagramme simogramme** (figure 33) qui fait un zoom sur le processus de fabrication du OP17.

Simogramme du poste 17 :

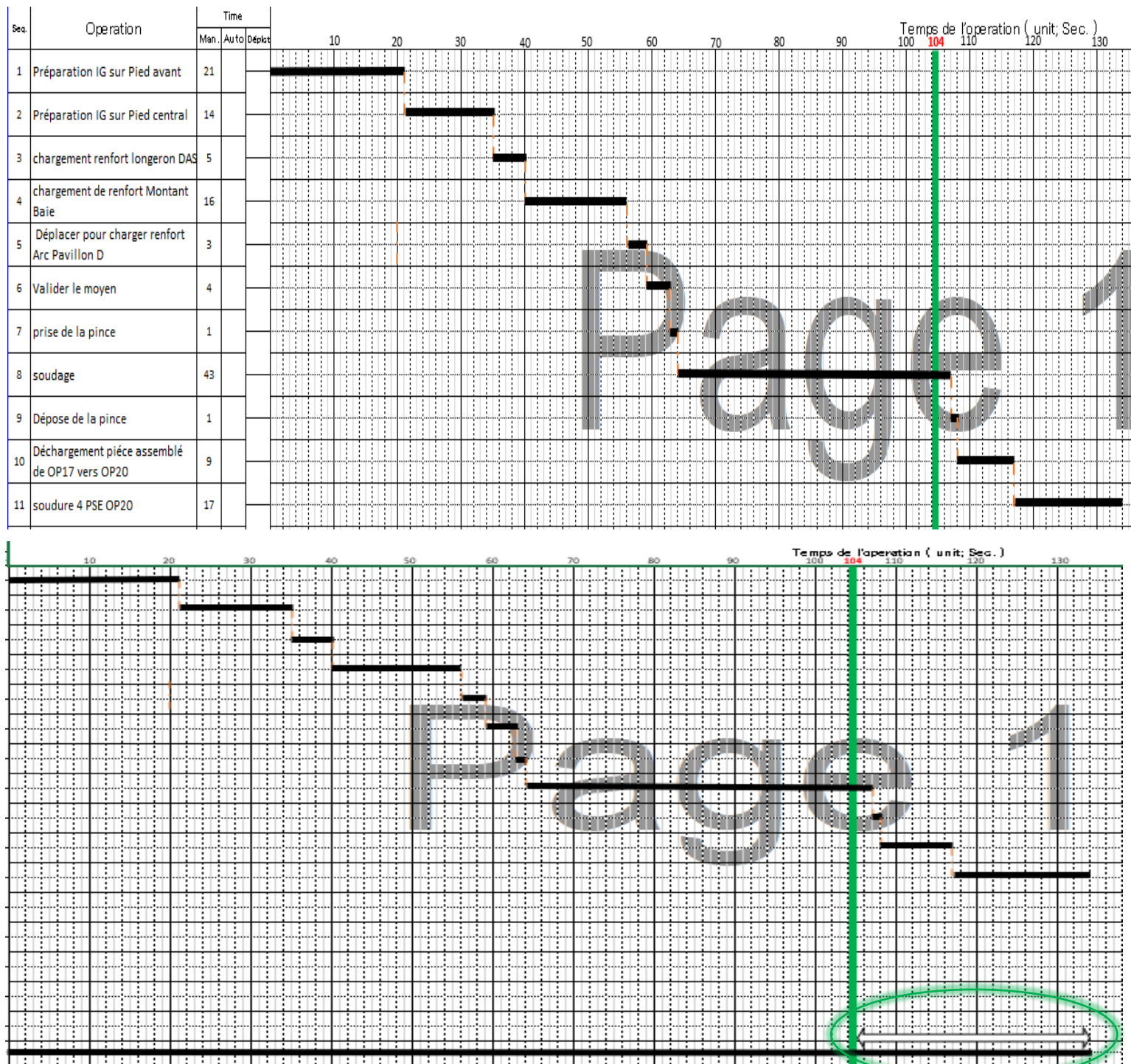


Figure 33: Le diagramme de simogramme du poste de soudage 17

On constate d'après les résultats du diagramme de simogramme que le temps de cycle du poste 17 est plus augmenté que le TT, avec les VAs < NVAs, car la valeur ajoutée du poste, c'est l'opération de soudage du OP17 aussi une tâche de soudage dans le poste OP20 par l'opérateur du poste 17 ce qui est équivalent à 60s alors que la durée d'exécution des opérations de ce poste prend 134s.

On peut conclure d'après les résultats trouvés que le gaspillage de temps revient aux **déplacements pour charger les pièces** ainsi l'opération **de préparation des inserts gonflants**.

↩ Description des problèmes de poste:

a. L'emballage Montant Baie loin :

Ce qui pose un problème de chargement des pièces surtout chargement de la pièce renfort montant baie par les opérateurs du poste 17. C'est **un flux de valeur non ajouté**, car l'opérateur se déplace 8 (figure 34) pas avec une durée de chargement de 16s (figure 35) pour charger la pièce.



Figure 34 : la distance entre le chariot de stock et le poste 17

4	chargement de renfort Montant Baie	16
5	Déplacer pour charger renfort	3

Figure 35 : la durée de chargement

b. Risque de sécurité sur l'opérateur :

L'opérateur lorsqu'il veut diminuer les déplacements et charger Montant Baie, il utilise un

chariot non emballé (non sécurisé) des 4 cotés pour charger une quantité élevée des pièces. Alors que c'est un manque de sécurité, il se peut que les pièces tombent sur les pieds d'opérateur (figure 36).



Figure 36 : chariot utilisé dans le poste de soudage 17

⇒ **Remarque :**

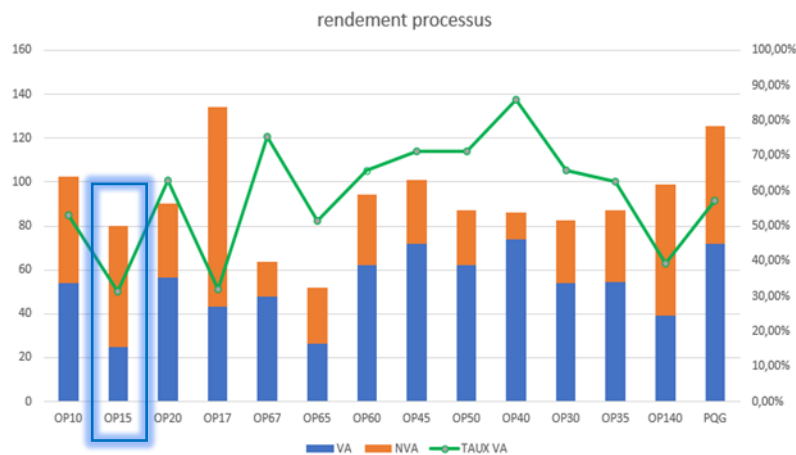
L'opération de préparation des inserts gonflants même s'il appartient aux opérations de non-valeurs ajoutées et prend un temps élevé, mais reste trop essentiels dans le standard de travail obligatoire à faire dans ce poste.



1.1. Le Poste 15 d'encollage (module ANN AV) :

De même que la phase mesurer nous a montré que le poste d'encollage 15 a des problèmes qui influencent sur la ligne côté de caisse, même s'il ne passe pas le takt time.

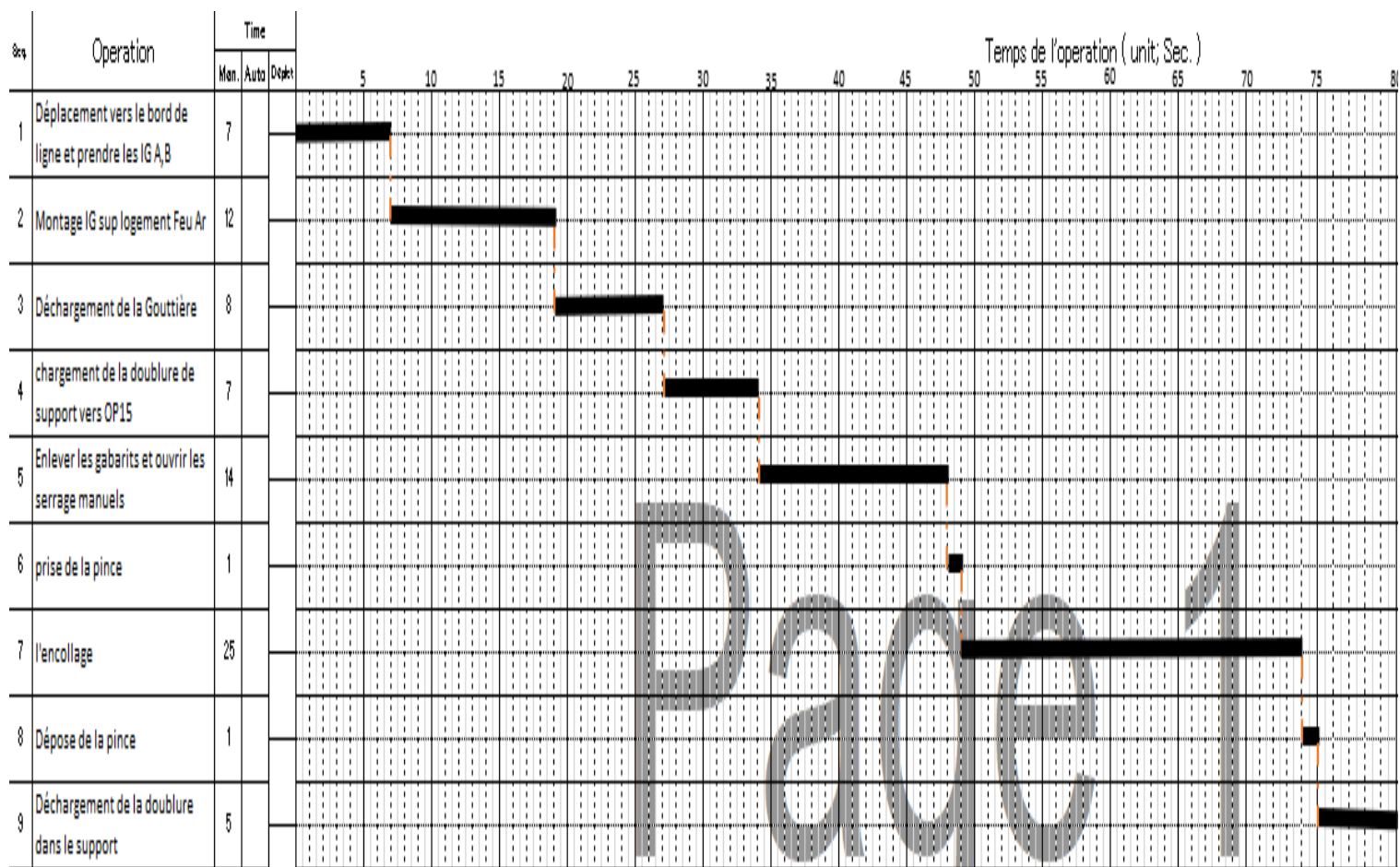
Poste	Remarques
OP15	Les non-valeurs ajoutées de ce poste sont plus augmentées que les valeurs ajoutées ce qui c'est normal d'avoir un taux VA diminuée.



Recherche des causes racines :

Pour déterminer les causes influencent sur les valeurs ajoutées du **poste 15**, on va suivre le même analyse faisait précédemment, c'est de réaliser un **diagramme de simogramme** (figure 37) pour bien suivre toutes les opérations de ce poste.

Simogramme du poste 15 :



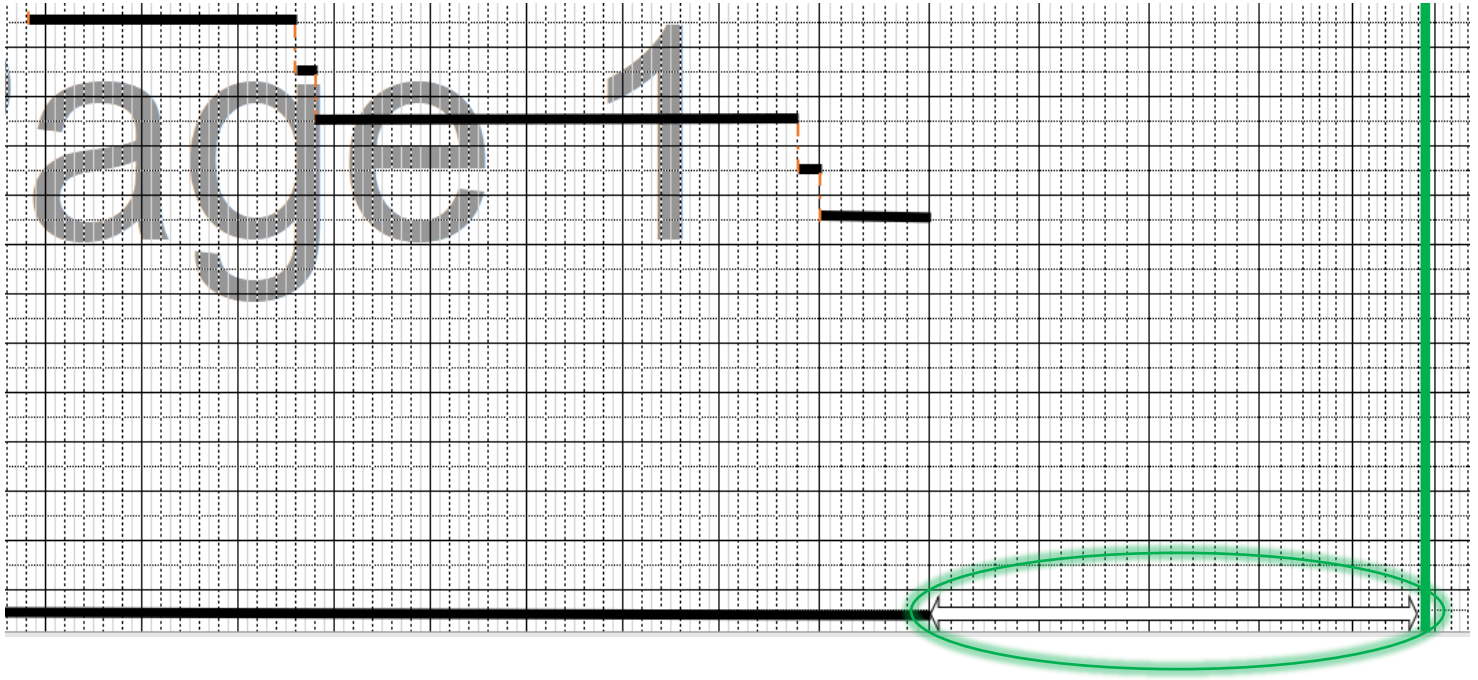


Figure 37 : Diagramme de simogramme du poste d'encollage 15

↳ Description des problèmes de poste:

a. La manipulation des 3 gabarits séparés est non pratique :

Par rapport à l'utilisation dans chaque opération (figure 38) pendant le shift au minimum 200 fois et bien que l'objectif de cadence, c'est 250 fois par le shift, cela influence sur le temps de cycle.



Figure 38 : Les 3 gabarits du poste d'encollage 15

b. Débordement de la colle :

Les guides cordons soudés dans les gabarits (figure39) n'assurent pas la surface exacte d'encollage.



Figure 39: Débordement de la colle

c. la saleté du moyen (Problème des 5S) :



Figure 40 : La saleté du moyen de poste d'encollage 15

d. Soulèvement des gabarits prendre un temps important :

Parmi les non-valeurs ajoutées du poste 15 qui pose un grand problème sur le taux des VAs, c'est l'utilisation des gabarits qui dure 14s (figure 41).

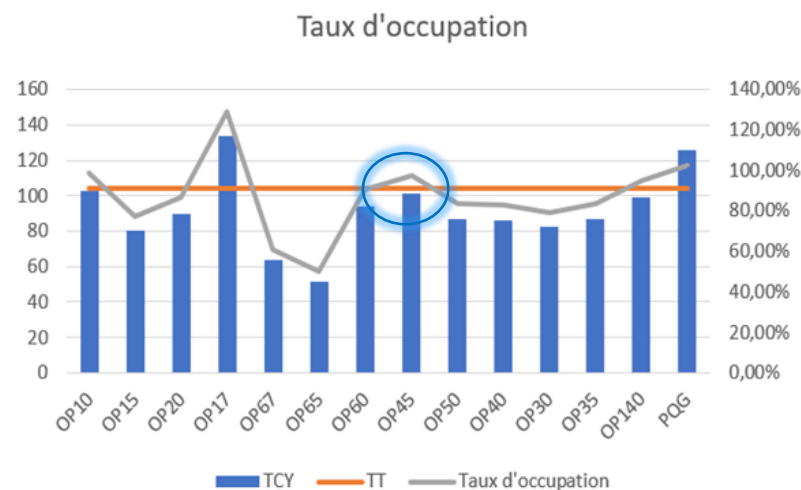
Enlever les gabarits et ouvrir les serrage manuels	14	
--	----	--

Figure 41 : la durée d'enlèvement des gabarits au poste d'encollage 15

1.2. Le Poste 45 de soudage (module ANN AR) :

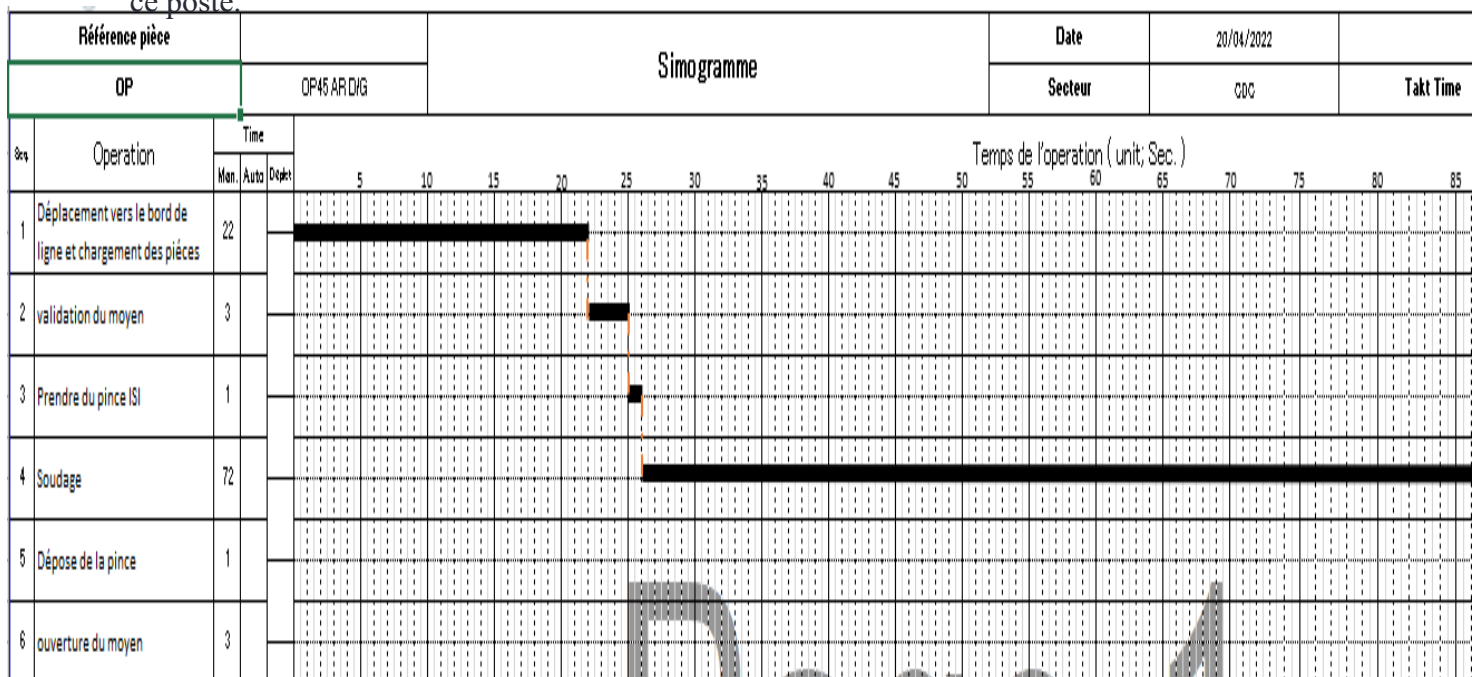
Ainsi d'après le diagramme d'occupation, il apparaît qu'il y a des problèmes dans le poste 45.

Poste	Remarque
OP45	nous avons un dépassement significatif de taux d'occupation par rapport au TT, même si le temps de cycle du poste n'a pas augmenté et bien qu'il respecte le Takt time et nous n'avons pas un avancement des NVAs.



Rechercher des causes racines :

De la même manière pour chercher les problèmes qu'il faut résoudre dans le poste, j'ai recouru au **diagramme simogramme** (figure 42) pour avoir des détails sur les opérations effectuées dans ce poste.



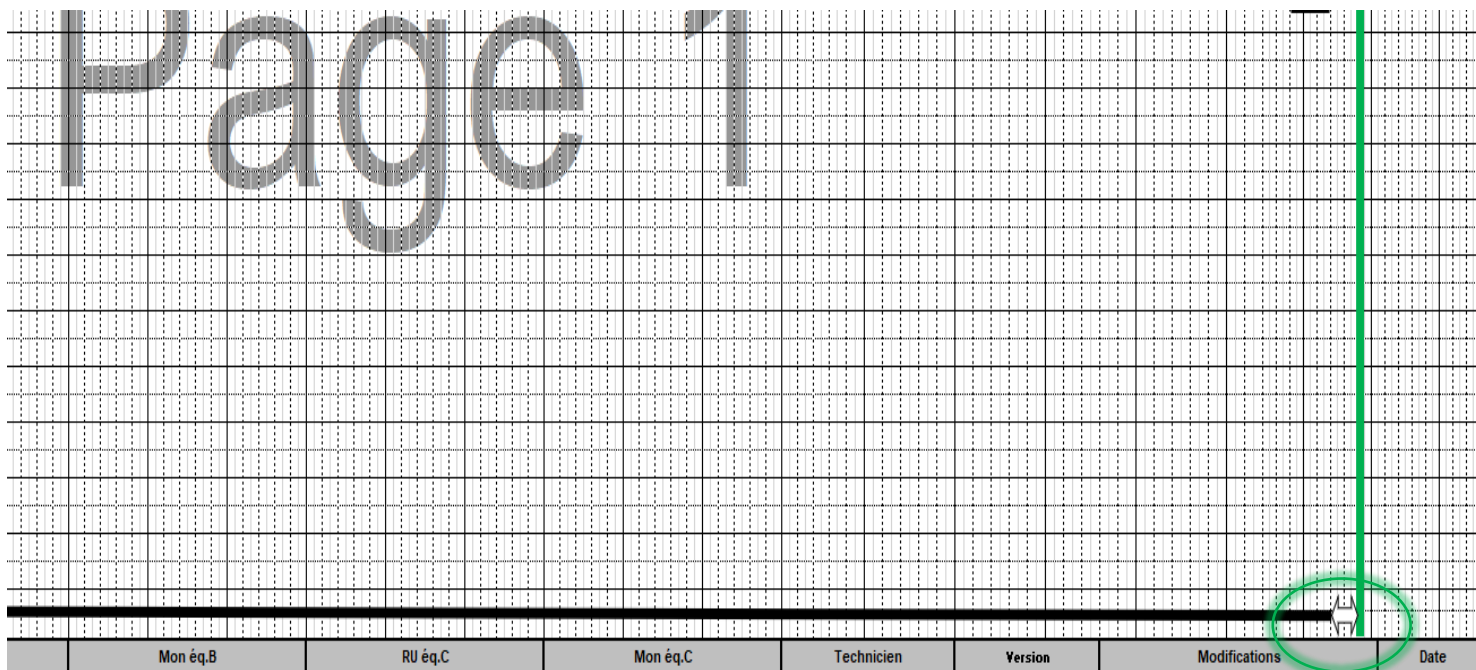


Figure 42: Diagramme de simogramme du poste de soudage 45

↩ Description des problèmes du poste:

a. Problème de déplacements :

Lorsque l'opérateur veut charger les pièces se déplace vers le bord de ligne d'une durée de 22s (figure 43) qui nous donne une perte de temps, car dans le standard de l'usine, il faut charger 2 pièces par 2 dans chaque opération alors que nous avons 5 pièces à charger.

		ivian. A
	Déplacement vers le bord de ligne et chargement des pièces	22

Figure 43 : La durée de déplacement au poste de soudage 45

b. L'augmentation des points de soudure :

Beaucoup du point de soudure 17 PSE (figure 44) et pourtant un seul opérateur qui occupe ce poste de soudage, donc c'est bien évidemment que cette opération prend un temps élevé.

4	Soudage	72

Figure 44 : La durée de l'opération du soudage au poste 45

⇒ Remarque :

La phase mesurer nous a permis de conclure beaucoup des problèmes sur la ligne parmi eux ceux que nous avons mentionnés, mais aussi, il y a :

- Un non-équilibre des postes OP65, OP67.
- Un dépassement significatif de temps de cycle de PQG.
- Les NVAs plus que les VAs du poste 140.

1. La marche Gemba Walk :

C'est un outil du Lean management et du toyotisme, qui consiste à se déplacer physiquement auprès des équipes opérationnelles, et de prendre le temps, de poser un regard extérieur et d'essayer de comprendre les problèmes existant dans la ligne.

- Pour les deux postes OP67 et OP65, l'équipe de projet de l'usine stellantis travaille sur un robot qui va faire un mariage entre le poste d'encollage et de goujons (OP67 et OP65).
- Pour le poste de contrôle de qualité PQG c'est normal d'avoir un temps de cycle élevé, car c'est un poste qui nécessite plus de contrôle, de précision, et de temps de retouche. Pour ne pas transmettre des défauts de qualité aux fournisseurs donc le temps de cycle du PQG n'est pas du tout obligatoire qu'il respecte le Takt time. Et parmi les opérations faites dans ce poste l'emplacement vers le fournisseur ARMATURE pour décharger CDC.
- Aussi le PQG s'occupe par des opérations du poste 140 ce qui donne les problèmes de VAs < NVAs.
 - ⇒ Donc on ne peut rien changer dans ces 4 postes.

1.3. Chariot de L'ANN AV :

Lorsque le tour du terrain, j'ai constaté un problème dans le chariot d'anneaux avant droit (figure 45), qui se situe entre le poste 30 et 20.



Figure 45 : Chariot de L'ANN AV

🔗 Description des problèmes :

a. L'occupation d'espace :

La structure du chariot de L'ANN AV prend l'espace entre le poste du module anneau avant : OP20 et le poste de finition : OP30.

b. Chariot mal positionné :

Pour que les deux opérateurs de l'OP20 puissent poser L'AN AV dans le chariot, il faut se déplacer vers OP35 (un pas de déplacement de NVA).

c. L'ergonomie de l'opérateur n'est pas assurée :

- Dégradation des gants :



Figure 46 : Gants dégradés

- Dégradation des pièces de L'ANN AV :



Figure 47: Pièce possible a dégradé



Figure 48: L'état du chariot

- Dégradation des faisceaux du pince :

Au niveau du soudage des deux postes 20 et 30.



Figure 49: Les faisceaux dégradés du poste 20



Figure 50 : Les faisceaux dégradés du poste 30

d. Problème de qualité :

Il y a un espace non occupé dans le bord de ligne où nous n'avons pas un emballage de stockage des anneaux avant dans l'état d'avancement. De telle sorte que les opérateurs mettent au hasard les ANN AV (figure 51) ce qui pose des problèmes de non-respect des critères de qualité. Aussi, cela peut influencer sur la sécurité des opérateurs de passage par cet endroit.

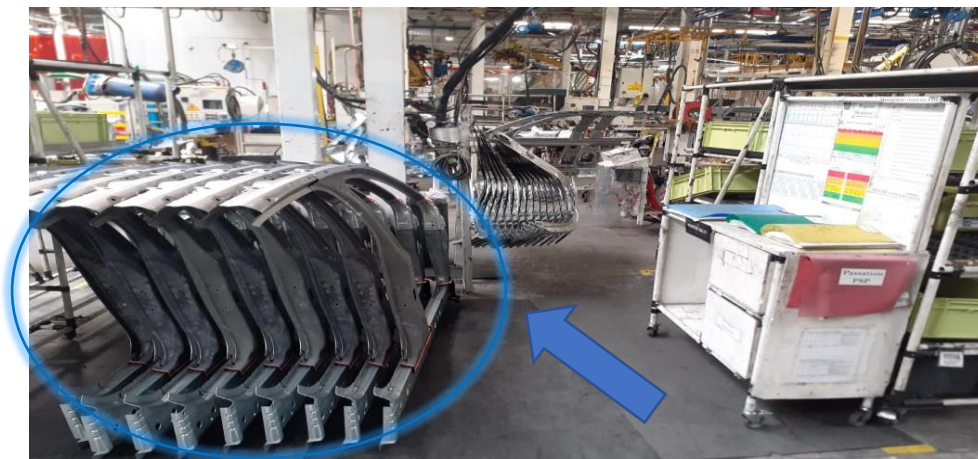


Figure 51: Stock non emballé des anneaux avant de l'avance

1.4. Le poste 30 de soudage et goujon (module finition) :

Aussi, lors de tour du terrain, j'ai constaté qu'il y a des problèmes dans la ligne qui ne sont pas liés aux résultats de la phase précédente.

🔧 Description des problèmes :

a. Mal positionnement des pièces :

Dans le poste du soudage 30 (figure 52) au module finition, nous avons un manque des supports/chariots pour rapprocher les pièces au poste de travail ce qui pousse les opérateurs à réaliser des améliorations comme ci-dessous, cependant les pièces sont mal organisées et placées et cette modification crée des problèmes.



Figure 52: Mal positionnement des pièces du poste 30

b. Chute des pièces (Déformation) :

La dégradation des pièces situées sur le moyen au cas de :

- Rotation du pince.
- Serrage du moyen.

Et pourtant dans les standards de l'usine la chute des pièces = non-conformité

Aussi, c'est un manque de sécurité sur l'opérateur d'avoir des pièces sans box mettent proche de lui.

c. Problèmes de déplacements :

Le problème de déplacement de moyen vers le KANBAN (chariot de stockage situé au bord de ligne) est élevé au cas de ne pas utiliser cette amélioration.

1.5. Le KANBAN de stockage (module finition) :

Il fallait avoir une amélioration du KANBAN associé au poste 30.



Figure 53: KANBAN du poste 30

↗ Description des problèmes :

Mal positionnement des boxes :

- Problème de chargement des box par logistique.
- Problème de déchargement des pièces par l'opérateur : avec la structure des box, c'est difficile.
- Le positionnement des box influence sur l'ergonomie de l'opérateur de telle façon être blessé au temps de mettre les mains à l'intérieure du box placé dans le KANBAN de manière obstructive.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons entamé les deux phases (Mesurer, Analyser) de la démarche DMAIC. Commenant par l'étape de collecter les données reflétant l'état réel de la performance de notre système de production. Le chapitre a été clôturé par une analyse approfondie des différentes causes de sous performance de notre ligne. Le chapitre suivant sera consacré à la mise en place de notre chantier d'amélioration.

Alors quelles actions mettre en place afin d'y résoudre toutes les problématiques ?

Chapitre 4

Plan d'action et champs d'amélioration

Ce chapitre évoquera les mesures de nos indicateurs de performance pour finalement clôturer ce chapitre par une analyse des causes racines de la détérioration de l'efficience de notre ligne de côté de caisse.

I. Phase Innover :

1. Introduction :

Après collecte de données, mesure et analyse, cette phase consiste en la mise en place des solutions retenues et formulées sous forme d'un plan d'actions. L'objectif est de s'assurer que les actions mises en œuvre permettent effectivement de résoudre le problème et éradiquer les causes détectées et identifiées et enfin, on présentera l'état d'avancement et le gain de chaque opération mise en place.

« Un problème sans solution est un problème mal posé. »

Albert Einstein.

2. Les améliorations :

2.1. Le poste 17 de soudage D/G (module ANN AV) :

D'après ce qui précède dans le chapitre d'analyse des problèmes, nous avons trouvé pas mal des problèmes influencent sur l'amélioration du productivité de la ligne.

L'amélioration proposée (figure 54), c'était de réaliser un chariot mobile divisé par 3 parties de telle sorte que chaque partie contient 30 pièces pour assurer la minimisation des déplacements au bord de ligne pour charger la pièce montant de baie, éviter les non-valeurs ajoutées, assurer un temps de cycle respectant les indicateurs de performance et le TAKT TIME à ne pas dépasser.

Les photos suivantes montrent la conception du chariot.

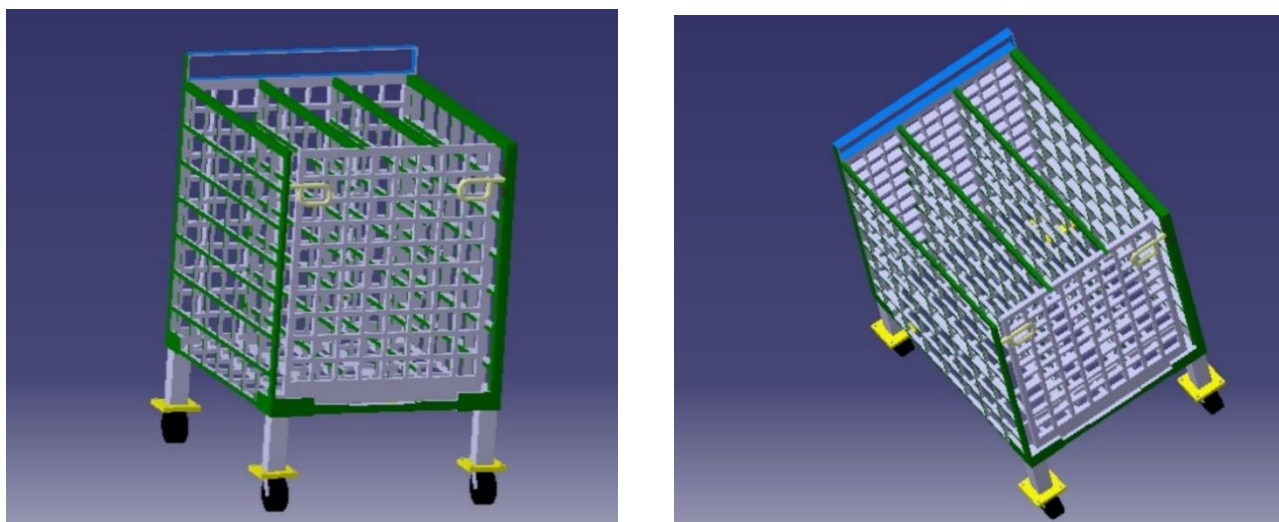


Figure 54 : Chariot du poste de soudage 17

2.2. Poste d'encollage 15 D/G (Module ANN AV) :

D'après le chapitre précédent, on a trouvé que l'OP15 a un taux des valeurs ajoutées diminuée à cause de dépassement significatif des opérations de non-valeurs ajoutées par rapport aux valeurs ajoutées, et grâce au diagramme **YAMAZUMI** de temps de cycle, taux VAs, taux d'occupation et le **simogramme** on a pu savoir les actions de NVAs qu'on peut les supprimer ou les résoudre. La figure 55 suivante présente la conception du poste d'encollage 15.

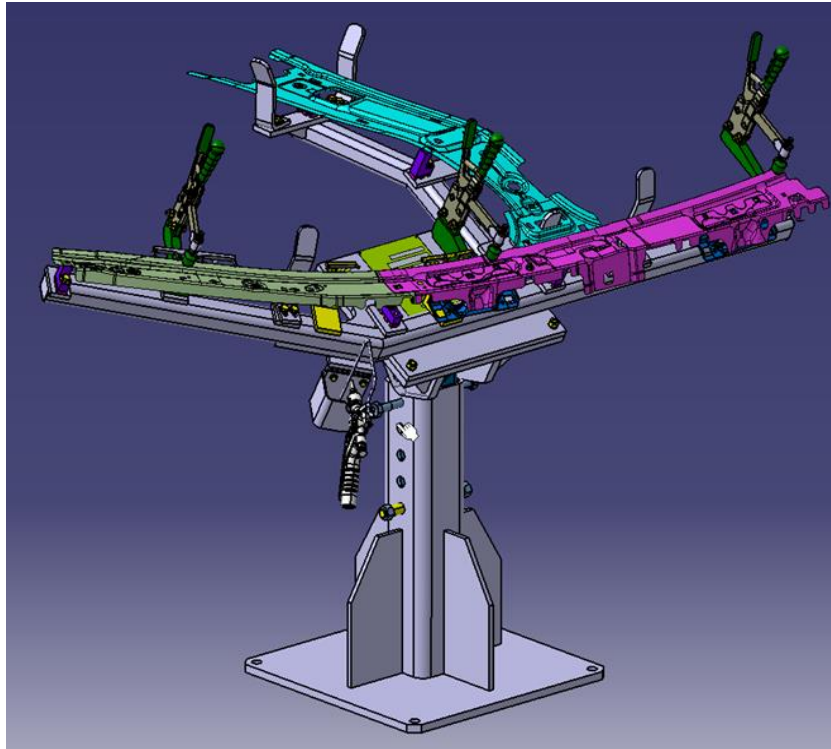


Figure 55 : Conception du poste d'encollage 15

- La manipulation des 3 gabarits avec les guides de cordons de la colle prend un temps élevée aussi non pratique, puisqu'il n'a assuré pas la surface exacte d'encollage ce qui donne le problème de débordement de la colle.

2.2.1. La solution proposé :

Éliminer les 3 gabarits en gardant les serrages manuels, et les remplacer par des guides cordons soudés dans le moyen qui peuvent nous assurer la position exacte des cordons et éliminer toute probabilité de débordement de colle (figure56).

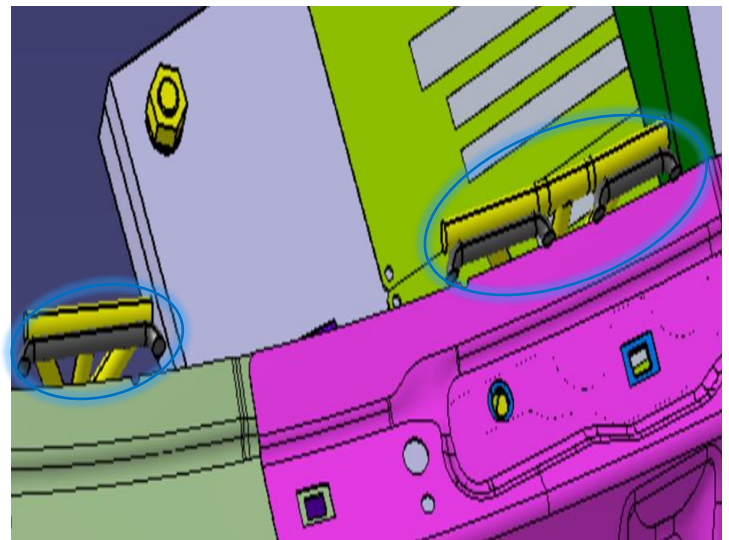
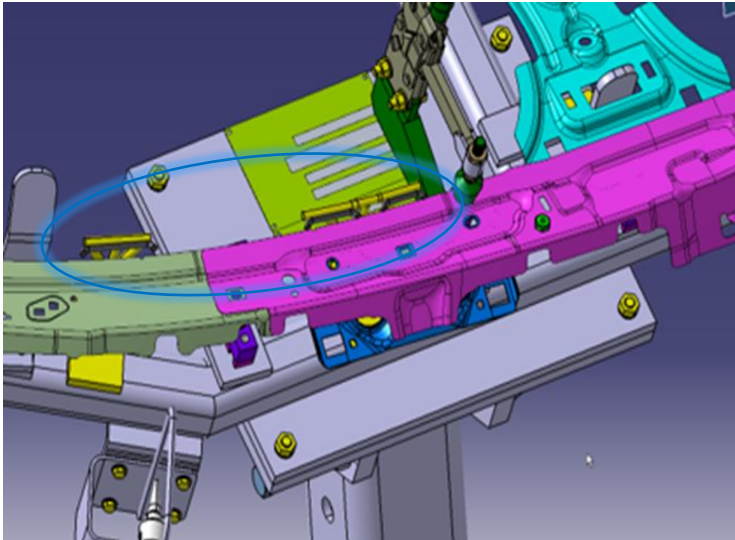


Figure 56 : Simulations des guides de cordons soudés dans le moyen

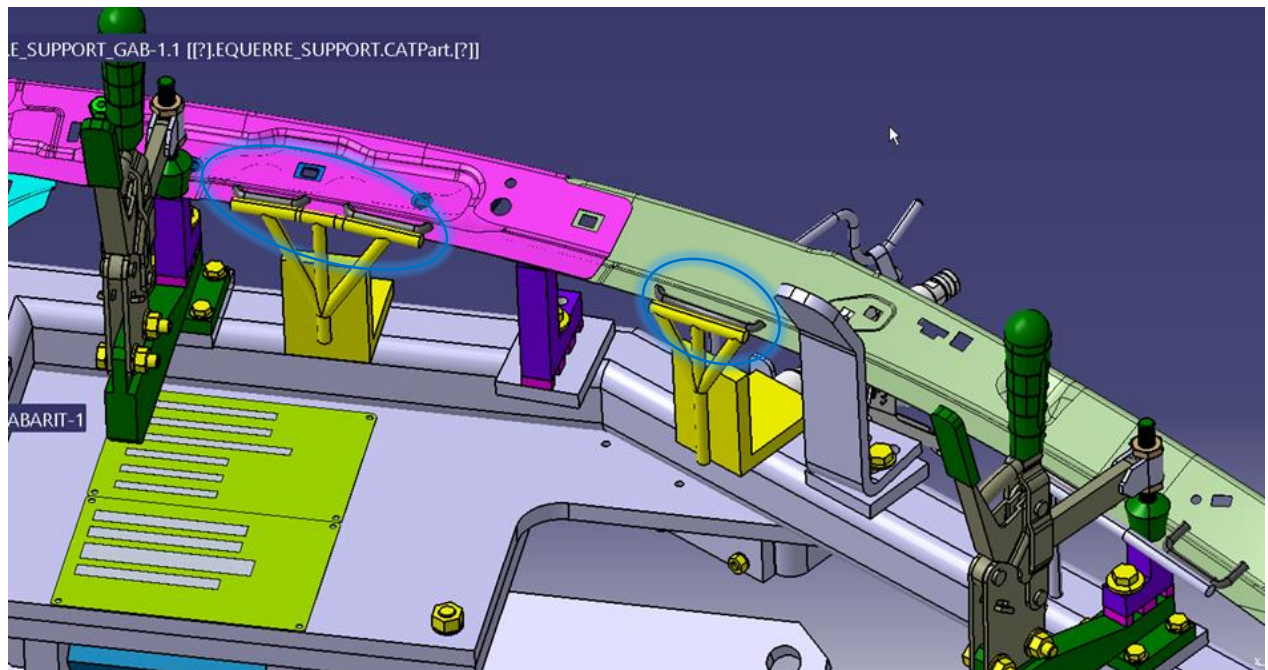


Figure 57 : La structure de la pièce usinée pour supporter les guides de cordons

- Aussi changer l'angle d'inclinaison (figure 58) du moyen pour éviter le glissement de la pièce (doublure) .

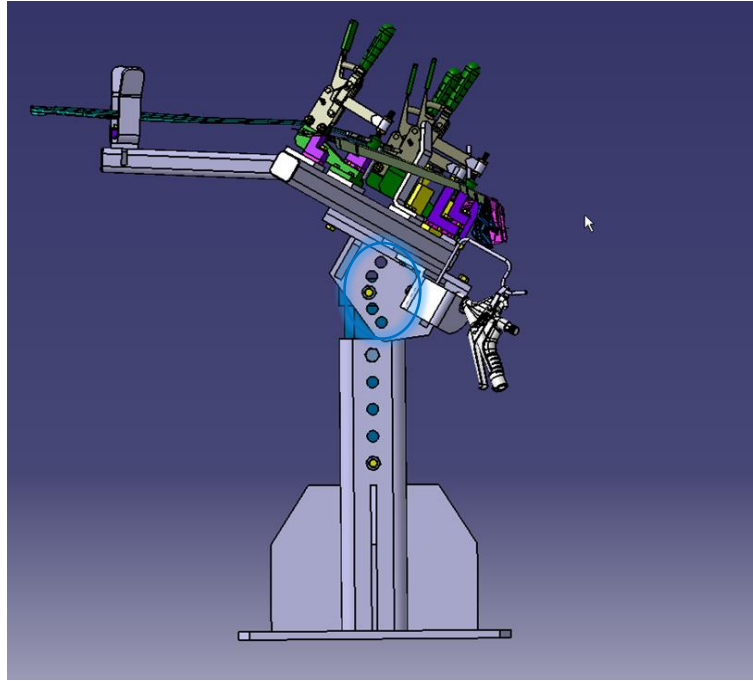


Figure 58 : Changement de l'angle d'inclinaison

- Optimisation de nombre d'effectifs dans le module anneau avant D/G de la ligne CDC :

Après une simulation faite sur le terrain et après la prise du temps cycle de celle-ci, on a pu trouver une solution qui va optimiser l'effectif de la ligne.

État avant :

OP 20 est constitué par 2 opérateurs qui ont les tâches suivantes :

Décharger la doublure de L'OP15 et l'assembler avec la structure d'anneau avant par la technique du soudage.

Et l'OP15 est constitué par un seul opérateur qui effectue les tâches suivantes :

L'encollage de la doublure + préparation des inserts gonflants.

Après vérification et analyse du temps cycle, on a trouvé que l'opérateur 1 termine son travail avant l'opérateur 2 donc il a un temps masqué ou il ne fait rien.

Donc on a décidé en prenant en compte la vérification du respect du temps cycle de fusionner ses deux opérations en une seule. Et on a pu obtenir l'état suivant:

OP 1 : s'occupe de faire l'encollage de la doublure et la préparation des inserts gonflant et en suite, il se déplace vers OP20 pour décharger la doublure et aider l'OP 2 dans l'opération du soudage.

2.2.2. Plan d'action :

Le tableau ci-dessous représente les différentes actions mises en place avec le délai et l'équipe qu'ont travaillé sur ce projet.

Action	Pilote	Délai
-Valider la solution proposé de soudage des guides de cordons dans le moyen	-Responsable d'unité CDC +Pilote système de production ferrage+ l'expert Métier + stagiaire performance (Amina JOUINEH).	-28 Avril
-Réaliser une simulation de changement d'angle d'inclinaison du moyen	-Stagiaire performance (Amina JOUINEH) + Pilote de système de production ferrage.	-12 Mai
-Validation de la solution avec l'expert métier	-L'expert métier + RU + Stagiaire performance	-12 Mai
-industrialisation des cordons : *remplir fiche kaizen. *retour kaizen.	Amina JOUINEH Kaizen	-10 Mai -Délai a communiquer

Après la validation de la solution proposée, j'ai fait une demande au poste kaizen ferrage dans laquelle j'explique l'état actuel du poste 15 avec l'amélioration prévue pour commencer le travail.

2.3. Poste de soudage 45 D/G (Module ANN AR) :

D'après ce qui précède, nous avons trouvé que le taux d'occupation dépasse le TT, cela est dû au gaspillage de temps dans les deux opérations, que ce soit l'opération de chargement des pièces de bord de ligne vers le poste de travail ou bien de soudage.

C'est pour cela, nous avons pensé de jouer sur un espace inexploité (figure 59) derrière le poste 45. Pour rapprocher les chariots de stock des pièces afin d'éviter les déplacements. Ainsi que cette amélioration ne va pas nous coûter un budget pour la réaliser.



Figure 59 : L'espace a exploité pour l'amélioration.

2.4. Chariot de L'ANN AV droit :

La photo suivante illustre l'état d'avant de chariot de module d'anneau avant droit.



Figure 60 : L'état avant de chariot d'ANN AV D

Pour l'optimisation d'espace et pour plus d'ergonomie et sécurité, on a cherché une nouvelle conception (figure 61) qui ne va pas affecter les autres postes de travail 20 et 30 à condition qu'elle ne soit pas proche aux câbles du pince de soudage.

La solution que j'ai proposée est la suivante :

Un support qui charge 3 anneaux avant.

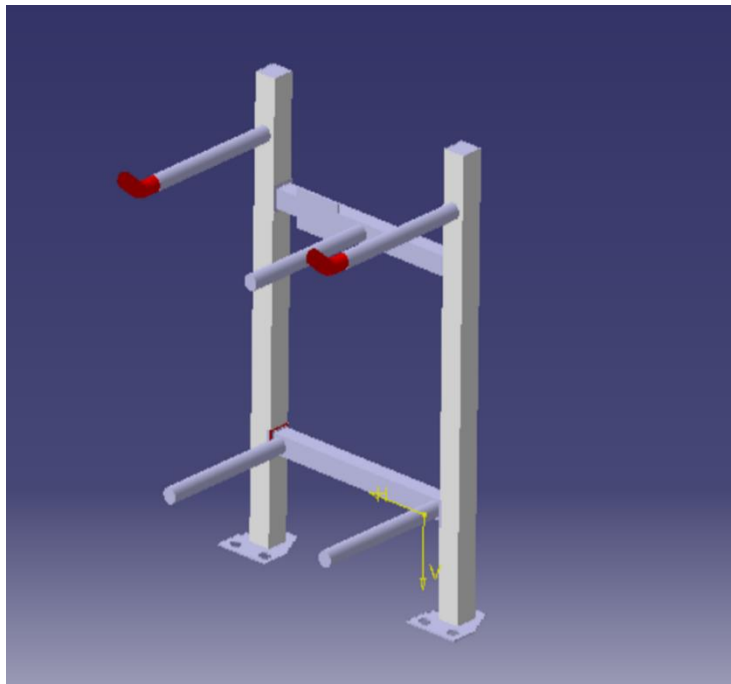


Figure 61: Support d'ANN AV D

2.5. Chariot de stock des anneaux avant :

Comme nous avons traité dans la phase analyser il y a un espace non occupé dans le bord de ligne qu'on peut exploiter pour avancer les ANN. AVs qui va nous servir en cas de panne. Donc j'ai proposé un emballage (figure 62) pour stocker les anneaux avant droit supportant 10 anneaux avant au max avec un axe au milieu qui assure le freinage de ces derniers.

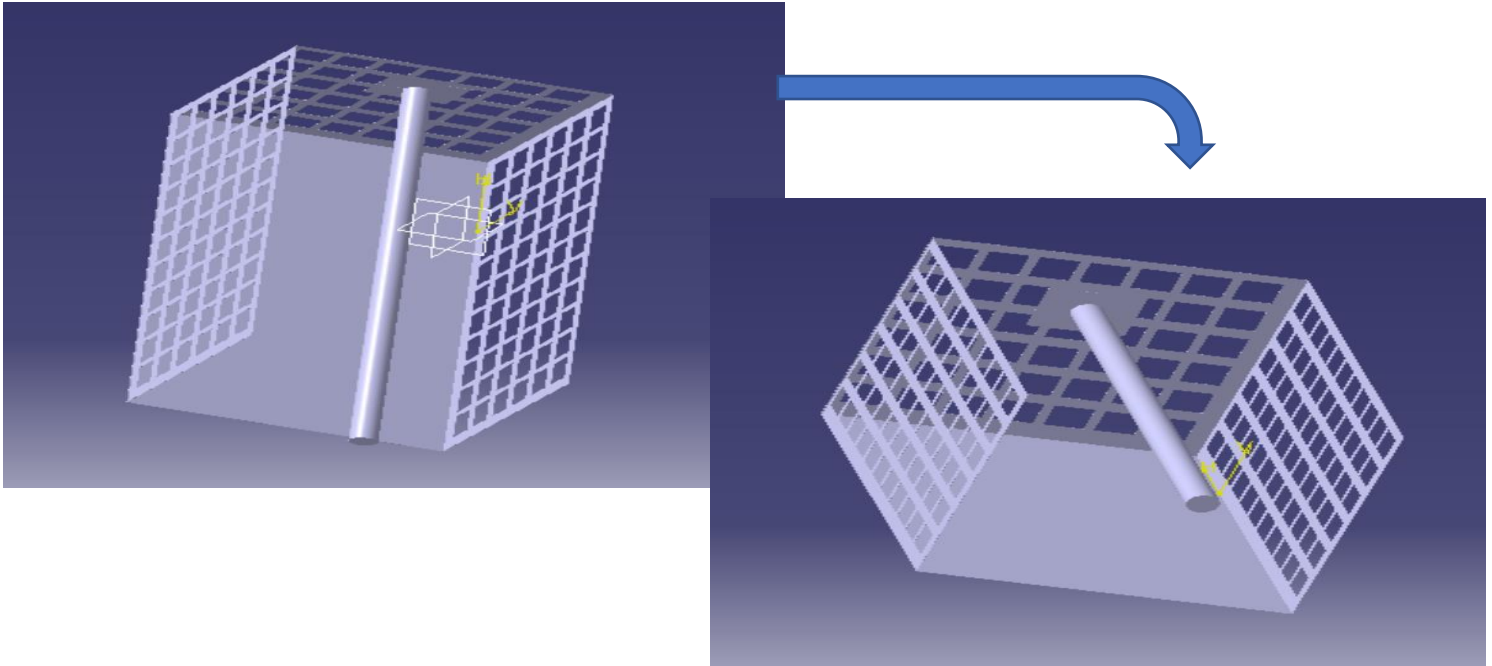


Figure 62 : Conception du chariot de stock

L'objectif de cette amélioration est de stocker les anneaux avant d'une manière qui assure la qualité. Aussi, c'est un emballage de stock de sécurité qui va nous servir dans le cas d'une panne.

2.6. Chariot KANBAN :

Le chariot existant déjà ne respecte pas les consignes de sécurité ni d'ergonomie donc on a suggéré une solution avec 0 coût d'investissement puisqu'on a effectué des simples modifications sur ce même chariot afin de le rendre plus sécurisé. Les photos de conception suivantes (figure 63) montrent les changements effectués. Notant qu'on a changé l'angle d'inclinaison du chariot puisque nous avons rendu les rangements où les box se positionnent inclinés. Aussi, nous avons fait des changements au niveau de la structure de l'ancien chariot.

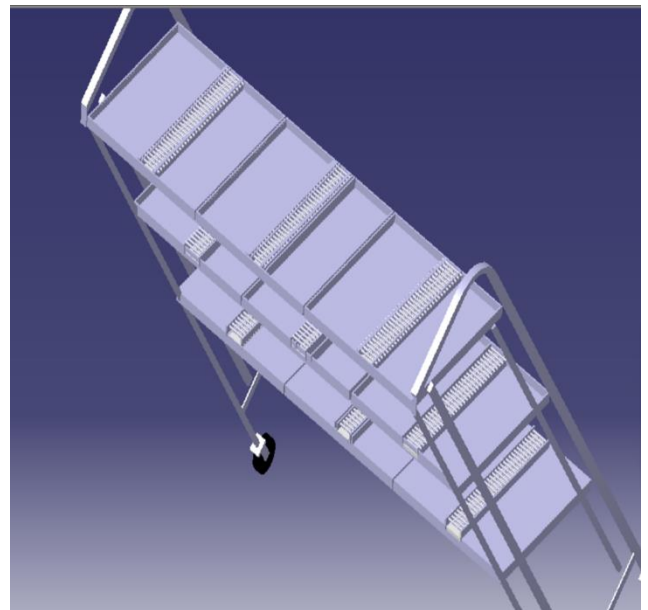
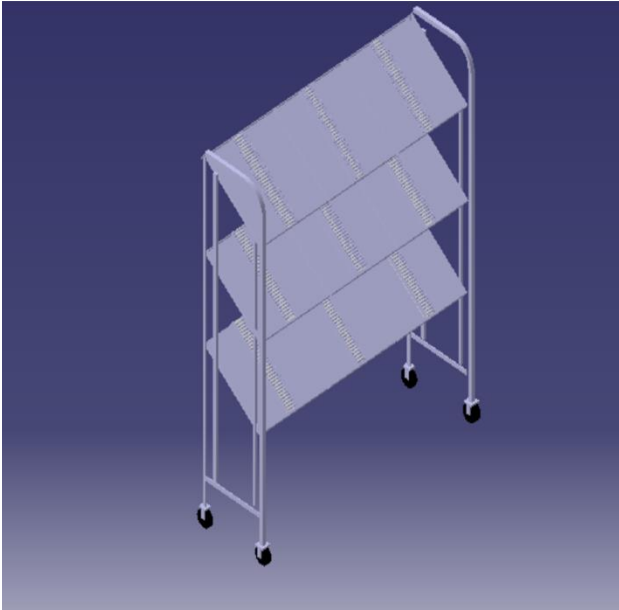


Figure 63 : Amélioration du chariot KANBAN

Et pour faciliter l'utilisation des box nous avons fait dans chaque rangement des rails à galet (figure 64).

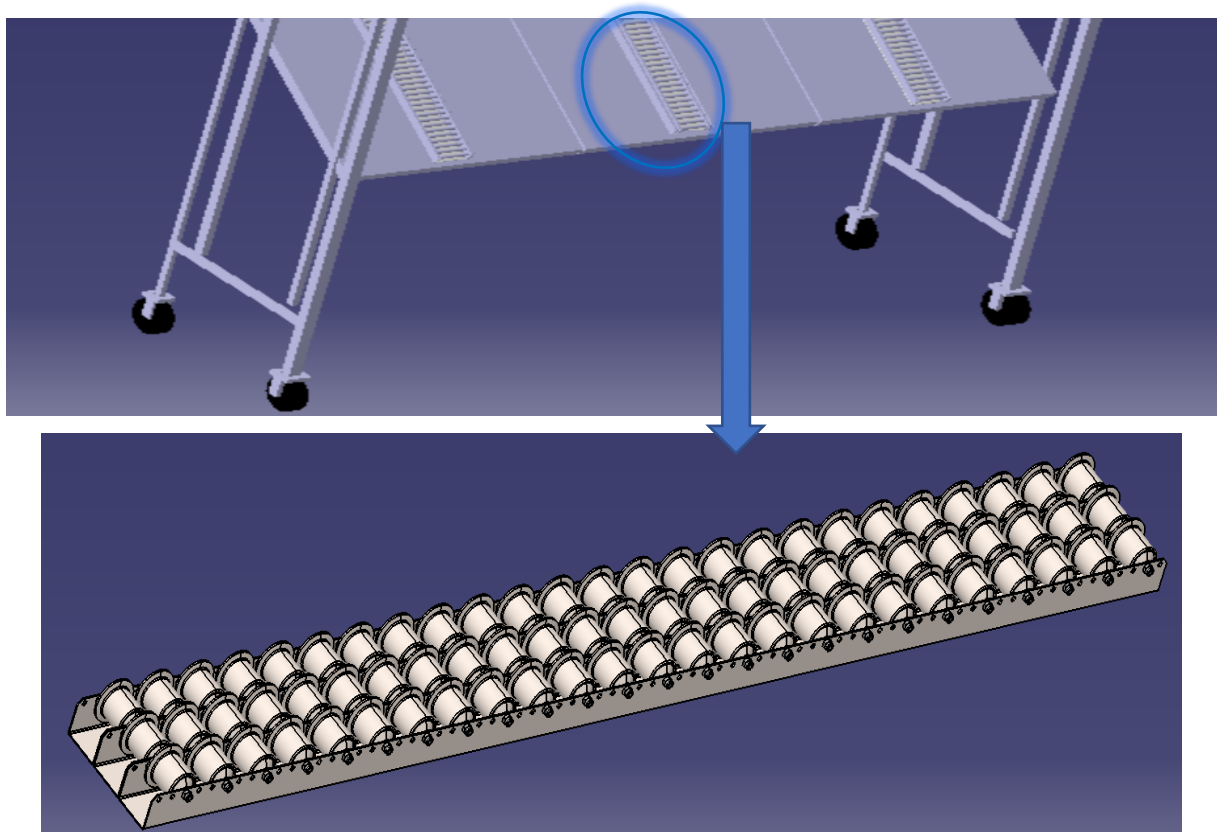


Figure 64: Rail à galet du chariot KANBAN

L'avantage de cette solution est que les opérateurs ne vont plus fournir d'efforts pour pousser les boîtes vides ainsi que ça va être plus facile pour eux d'enlever les pièces.

2.7. Le poste 30 :

On a pu remarquer dans la phase d'analyse que le poste 30 influence sur le temps de cycle à cause des déplacements au KANBAN, l'ergonomie de l'opérateur, la conformité des pièces, c'est pour cela ma proposition d'amélioration, c'était la réalisation d'un petit chariot mobile, de trois rangements chacune contient un box qui supporte 30 pièces.

Avec un simple fonctionnement du bras, car lorsque l'opérateur veut déplacer le chariot pour charger les pièces « Montant baie », il fait sortir le bras et lorsqu'il termine cette opération, il fait entrer le bras pour qu'elle n'occupe pas d'espace.

Les figures 65 et 66 suivantes illustre l'amélioration faite dans ce poste de travail.

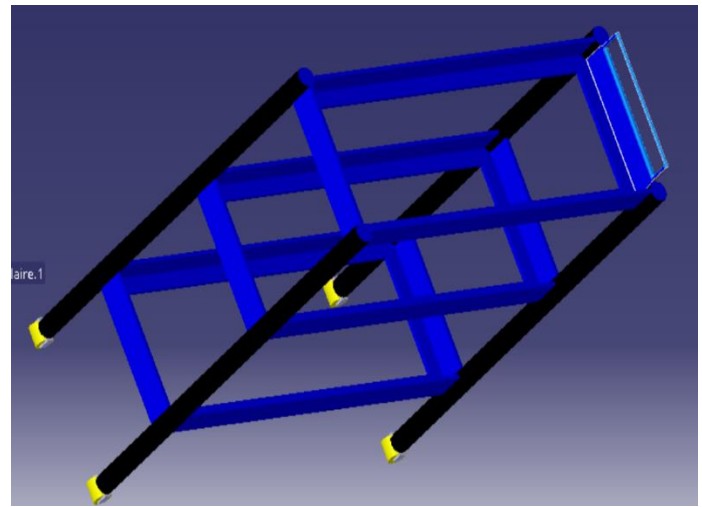
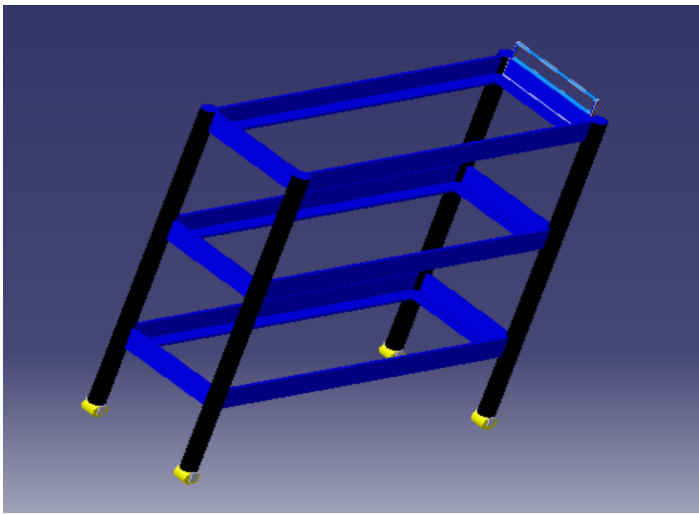


Figure 65: Chariot du poste 30

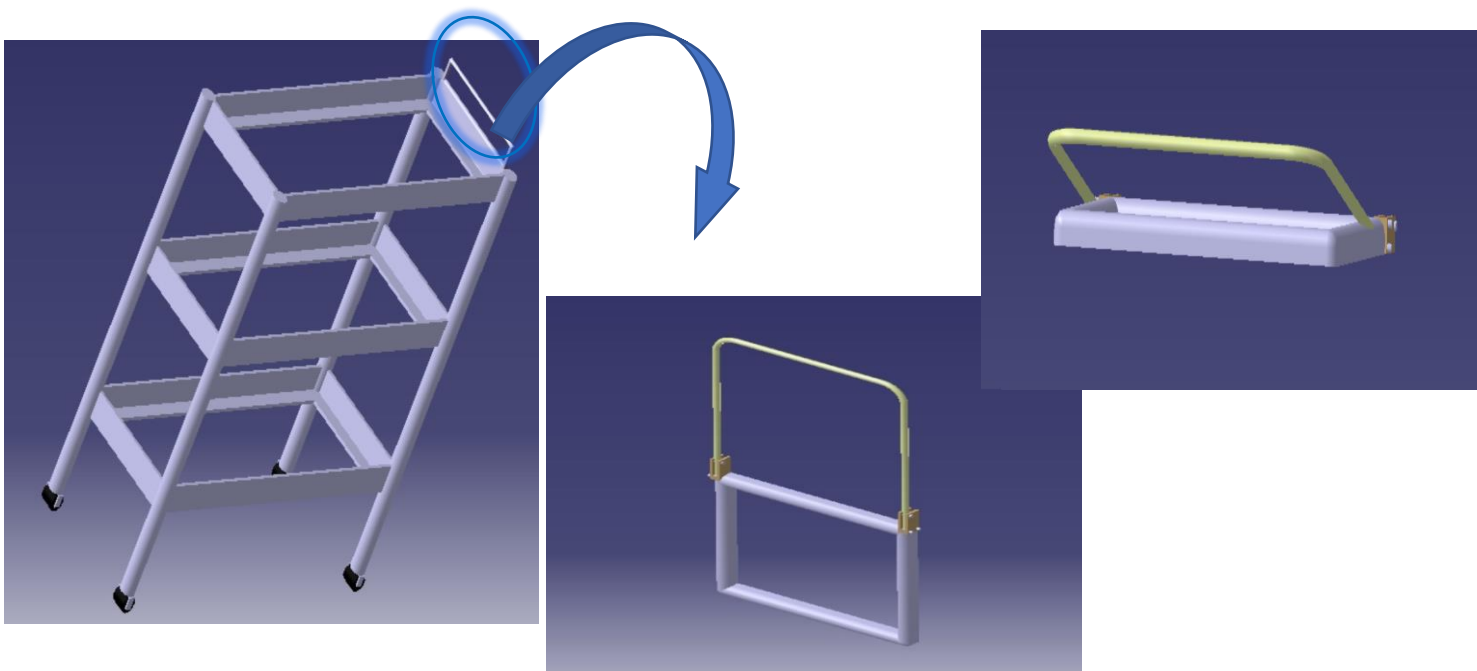


Figure 66 : Le bras du chariot du poste de soudage 30

L'avantage du chariot de L'OP30, c'est de faciliter la manipulation pour l'opérateur de se déplacer facilement vers le bord de ligne pour charger les pièces grâce au bras mobile avec lequel l'opérateur n'aurait pas besoin de se pencher.

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a introduit de nouveaux plans d'amélioration et de gestion de qualité, hygiène et environnement ainsi qu'une réduction des gaspillages générés au niveau des différents postes de travail de la ligne CDC dans une perspective d'optimisation de la productivité, dans le chapitre suivant on va contrôler et étudier la faisabilité de ces améliorations et calculer les différents gains.

Chapitre 5

Contrôle et estimation des gains

Cinquièmes et dernières phases du DMAIC, l'objectif est d'étudier la faisabilité des idées d'amélioration proposée, présenter les résultats du projet et les écarts entre la situation avant et après la mise en place des améliorations. Ainsi que donner les gains de chaque solution.

I. Phase Contrôler :

1. Suivi d'avancement de l'amélioration du poste 17 :

La réussite de notre chantier nécessite un bon suivi du déroulement des actions planifiées, afin que ces derniers se déroulent d'une bonne manière.

Après l'étude des problèmes liés au poste 17, et la résolution proposée au chapitre précédent, nous avons trouvé des contraintes au niveau de :

- coût de fabrication, car c'est un chariot dans sa structure nécessite beaucoup de matériau.
- L'ouverture du porte du haut jusqu'en bas, n'est pas pratique, prend l'espace et aussi entraver le travail des opérateurs du poste 17.
- La main chargée de pousser le chariot n'est pas pratique et elle n'assume pas l'ergonomie de l'opérateur de telle sorte qu'il est obligé de plier pour pousser le chariot.

Alors, j'ai pénétré en considération ces contraintes dans la nouvelle idée d'amélioration. Et j'ai fait deux conceptions qui ont plus de créativité, optimisation du matériau et d'espace

- ⇒ **La première conception :** l'idée, c'est de réaliser une transpalette qui lève le chariot et se déplacer facilement (figure 67).
- ⇒ **La deuxième conception :** sert à faciliter l'utilisation du chariot mobile par l'opérateur grâce à la structure du bras, les roues, l'ouverture du porte du sens droit vers la gauche qui ne va pas prendre d'espace car nous avons un espace libre dans les côtés. Ainsi que ce chariot, ne nécessite pas beaucoup de matériau pour le fabriquer comme le précédent (figure 68).

⇒ La première amélioration :



Figure 67 : Chariot assemblé avec la pièce Montant de baie + transpalette du poste 17

La deuxième amélioration :

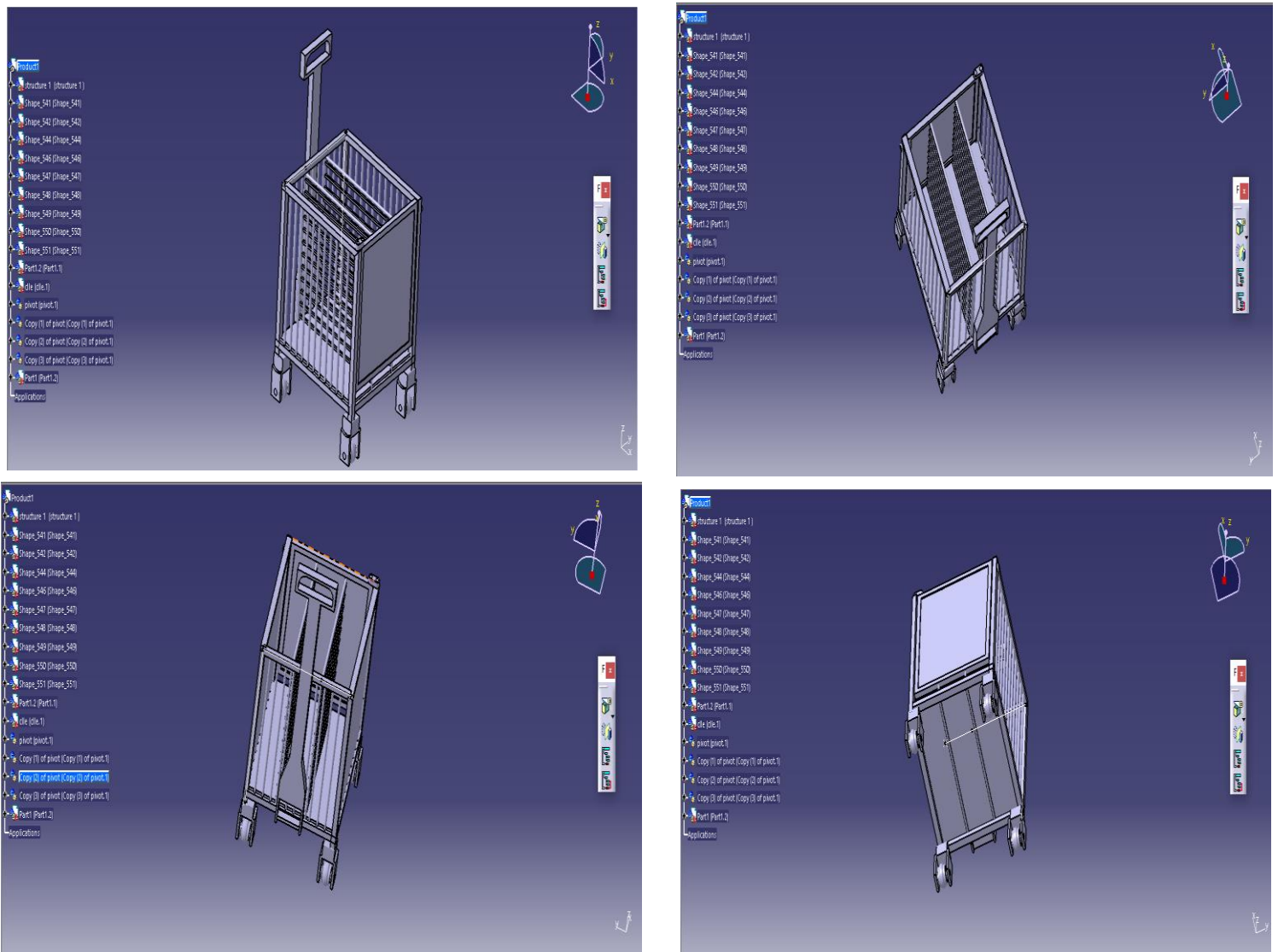


Figure 68 : Nouvelle conception du chariot de l'OP 17

Ce chariot est fait tout en prenant en considération les dimensions de la pièce montant de baie

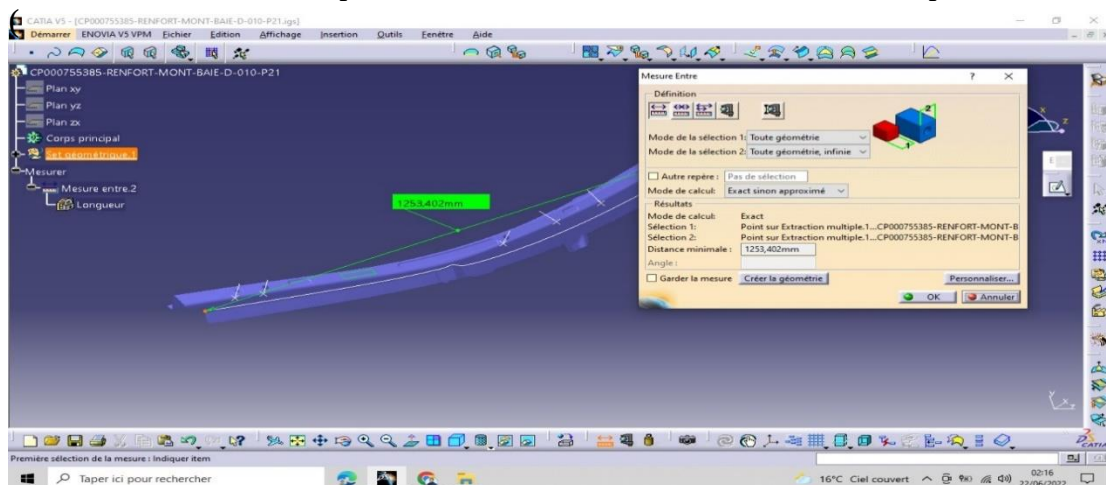


Figure 69 : Conception de la pièce montant de baie

⇒ Interprétation sur les deux nouvelles améliorations :

Nous avons choisi de travailler sur la deuxième amélioration, car la transpalette va coûter un montant trop cher, donc c'est un mauvais investissement pour l'usine. Cependant, la fabrication de l'amélioration 2 se fait dans le KAIZEN du PEUGEOT 208 de l'usine stellantis Kénitra.

D'après les chapitres précédents nous avons trouvé que le problème majeur, c'est la durée de chargement de la pièce « montant de baie » par l'opérateur. Car l'emballage de stock de cette dernière est loin. Donc, j'ai passé à la réalisation de la simulation du chariot avec la pièce montant de baie.

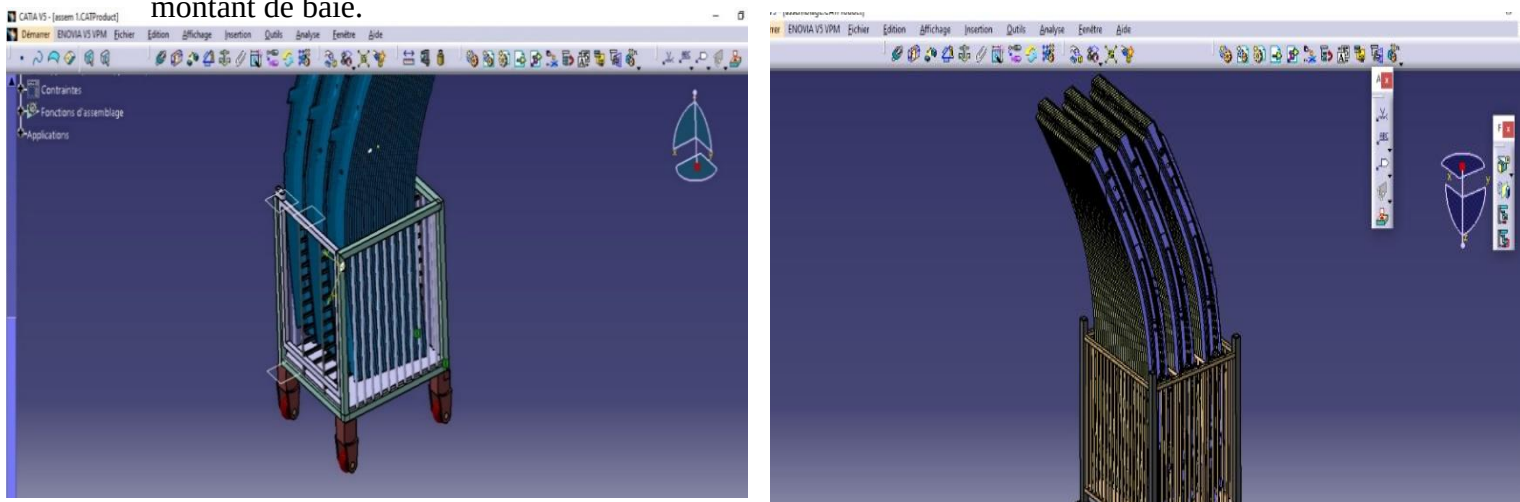


Figure 70 : Assemblage finale du chariot avec 90 pièces de « montant baie »

1.1.Étude de faisabilité :

Avant de valider cette amélioration, il fallait prendre en considération toutes les conditions favorables :

- **La quantité des pièces qui peut charger le chariot ?**
- **Est-ce que le chariot peut supporter 90 pièces ?**
- **Est-ce que l'opérateur peut pousser ce poids ?**
- **Est-ce qu'il y a l'espace entre les postes et l'emballage de stock permet l'opérateur a pousser le chariot ?**

1.2.Étude statique du chariot sur le logiciel CATIA :

Après avoir appliqué le matériau, les dimensions exactes sur la pièce montant de baie. J'ai obtenu le poids de la pièce qui est égale un peu près à **1 Kg=10N**, donc le poids des 90 pièces est **900N** , pour nous servir dans l'étude d'élément finie.

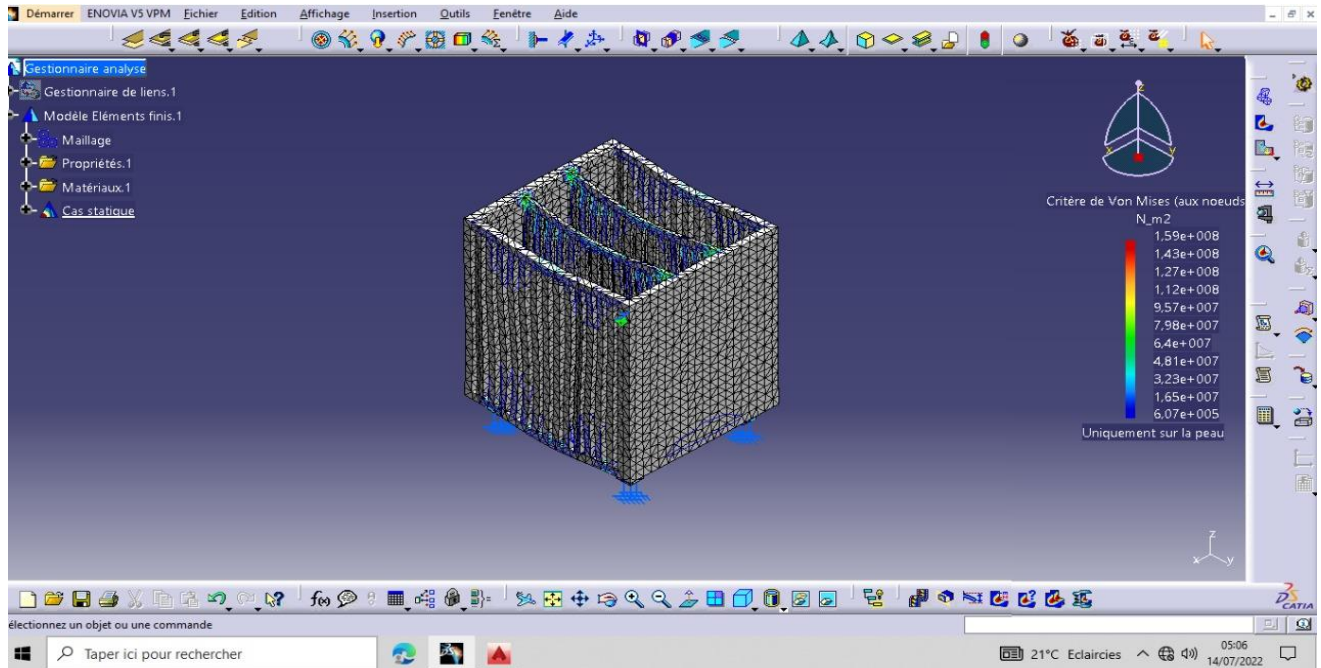


Figure 71 : Étude MEF du chariot

Nous avons trouvés :

$$\sigma_m = 1.59 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = 159 \text{ MPa}$$

Avec :

$R_e = 235 \text{ MPa}$ (la limite d'élasticité du matériau d'acier)

$$FS = \frac{R_e}{\sigma_m} = \frac{235}{159} = 1.4 \text{ (d'après l'annexe 7 dans le tableau de facteur de sécurité, on doit}$$

choisir $1 \leq FS \leq 2$ donc $FS=1.4$ est validé).

$$\Rightarrow \sigma_m = 159 \text{ MPa} < \frac{235}{1.4} = 168 \text{ MPa}$$

- D'après les résultats de maillage et les critères de VON MISES, le chariot peut supporter 90 pièces.
- L'opérateur peut pousser facilement un chariot de 60 pièces, Car nous avons fait un test (figure 72) d'un chariot plus lourd que ce dernier avec 120 pièces. Et l'opérateur n'a pas trouvé aucune contrainte.
- la surface (figure 73) convient aux mesures du chariot, et ne pose aucun problème sur l'avancement des autres postes.



Figure 72 : Un opérateur pousse 120 pièces



Figure 73 : La surface du passage du chariot

1.3. Le Gain :

Minimisation du temps de cycle :	Se débarrasser du 16s de non valeurs ajouté de déplacement vers le bord de ligne pour charger la pièce: Montant Baie <table><tr><td>4</td><td>chargement de renfort Montant Baie</td><td>16</td></tr><tr><td>5</td><td>Déplacer pour charger renfort</td><td>3</td></tr></table>	4	chargement de renfort Montant Baie	16	5	Déplacer pour charger renfort	3
4	chargement de renfort Montant Baie	16					
5	Déplacer pour charger renfort	3					
Minimisation du 2 heures de travail :	Le chariot support 60 pièces. Alors qu'on utilise 30 dans chaque heure						
Réutilisation du matériaux pour le nouveau chariot							
Assurer l'ergonomie de l'opérateur							
Le chariot n'occupe pas l'espace							

2. Suivi d'avancement de l'amélioration du poste 15 :

2.1. Gain en termes d'effectifs :

Nous avons 2 opérateurs dans le poste 15 (droit et gauche) avec 3 shift et d'après ce qui précède dans le chapitre d'amélioration, nous avons éliminé l'opérateur du OP15 et donner son travail à l'opérateur du OP20. Ce qui ne va pas influencer sur le temps de cycle, car dans l'absence de l'OP15 pendant un mois l'OP20 lui remplacer et cela n'a pas donner un impact. Le gain financier se calcule comme suit :

- Le salaire d'un opérateur par mois : 2700 MAD

- Le gain : $2700 * 2 * 3 = 16200$ MAD
- Le gain financier total gagné par an : $16200 * 12 = 194400$ MAD

2.2. Gain en termes de matériel :

La réalisation des guides de cordons soudés dans le moyen, n'est pas coûteux c'est une tâche simple à fabriquer dans le KAIZEN. Cependant, si nous avons réalisé un robot automatique qui fait l'encollage du poste au lieu de cette amélioration, cela nous aura coûtées cher.

2.3. Le Gain :

Minimisation du temps de non valeurs ajoutée d'Enlèvement des gabarits :	Enlever les gabarits et ouvrir les serrage manuels 14
Respect de 5S :	La pénurie de la saleté du moyen (faire la diminution du saleté)
Avoir la surface exacte d'encollage :	Eviter le problème de débordement de la colle
Facilite le travail par l'opérateur :	

3. Suivi d'avancement de l'amélioration du poste 45 :

Une solution avec 0 coût d'investissement puisqu'on a effectué des simples modifications, juste on a exploité l'espace libre pour approximer le bord de ligne et diminuer le temps de gaspillage dans l'opération de chargement des pièces, éviter les déplacements de non-valeurs ajoutées, minimiser 22s des déplacements.

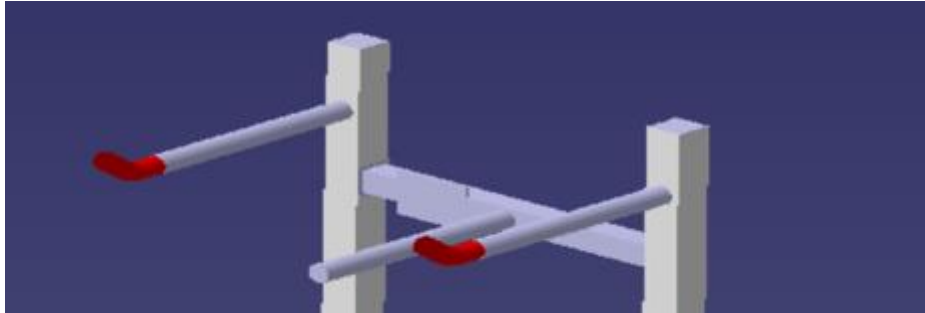
Déplacement vers le bord de ligne et chargement des pièces	22
--	----

4. Suivi d'avancement de l'amélioration du chariot de L'ANN AV droit:

D'après l'analyse des problèmes liées au chariot d'anneau avant, et l'amélioration proposée au chapitre précédent, nous avons trouvé des contraintes au niveau de :

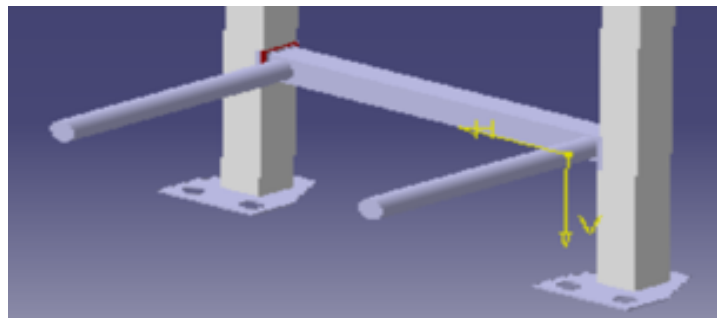
- Les premiers axes du support sont de même niveau, ce qui ne convient pas avec la structure de l'anneau avant. Aussi, il n'y a pas par exemple des appuis qui sépare les anneaux avant ce qui rend le travail difficile pour l'opérateur qui fait les tâches de

retouche.



- Les deuxièmes axes du support fait un impact sur l'utilisation par l'opérateur, puisque c'est difficile de mettre les anneaux avant dans le support.

On a l'opérateur du poste 20 décharge l'anneau avant dans le support et l'autre du poste 30 fait l'opération de finition et le retouche de ces derniers.



Après le contrôle de l'idée d'innovation faisait dans le chapitre précédant, j'ai passé à l'étape de trouver une solution plus efficace et plus pratique.

L'amélioration, c'est de décaler les deux premiers axes selon la structure de l'anneau avant (figure 74) en gardant l'axe de milieu et en éliminant les axes de bas de telle façon qu'il soit convenable et qu'il respecte les normes de sécurité de l'opérateur et surtout ne prend pas l'espace. En supportant 3 anneaux avant.

Alors, j'ai appliqué le matériau d'acier et j'ai fait la simulation de support avec les anneaux avant.

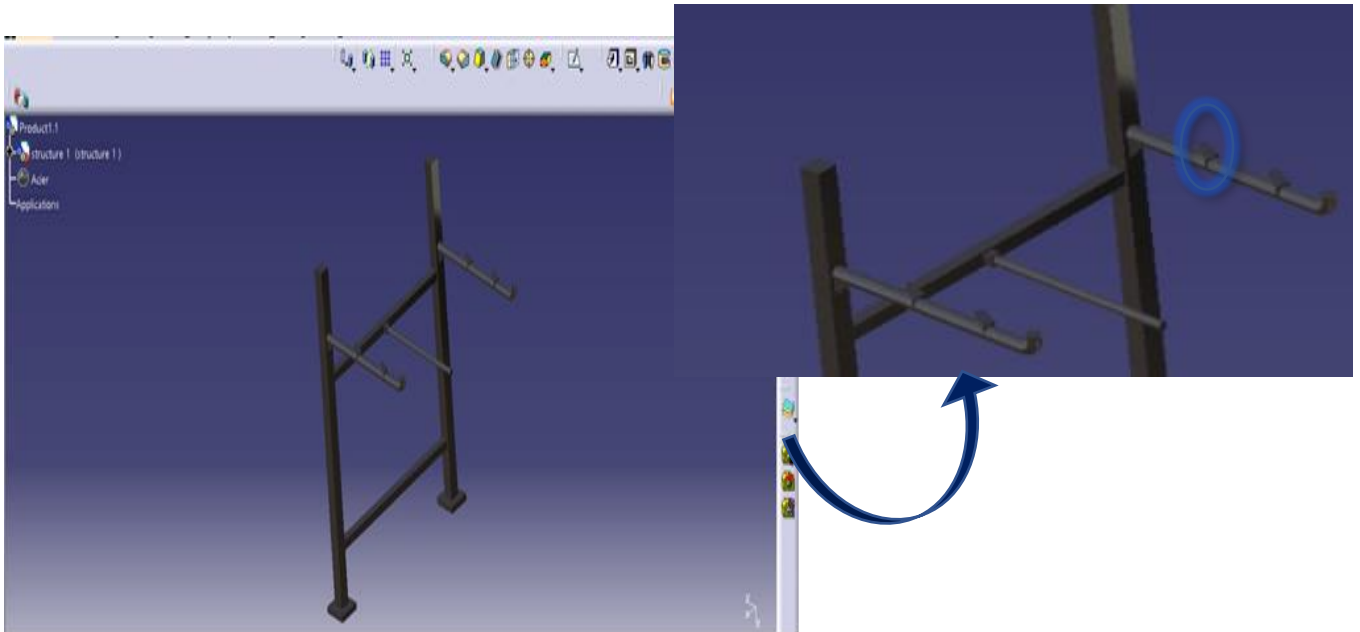


Figure 74 : Nouvelle conception du support de L'ANN AV

la figure 75 présente la conception de L'ANN AV, et la simulation dans le support s'est présenté dans la figure 76.

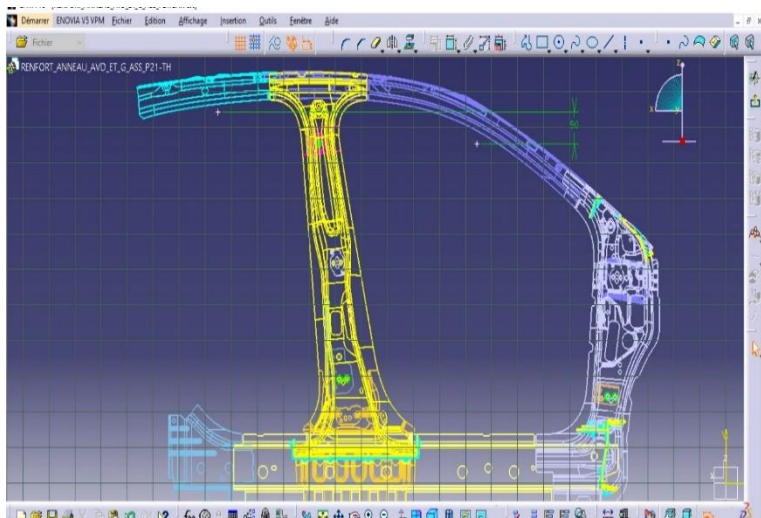


Figure 75: Conception de L'ANN AV

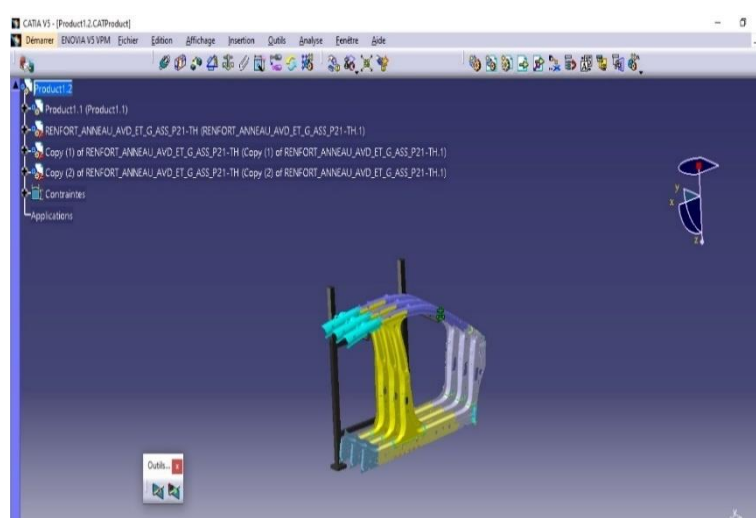


Figure 76 : Simulation du support avec les ANN AV

1.1. Étude de faisabilité :

Avant de valider cette amélioration, il fallait prendre en considération toutes les conditions favorables :

- Est-ce que le support peut supporter le poids des 3 anneaux avant ?
- Est-ce que les axes où les ANN AV sont placés ne seront pas déformés avec le temps ?

4.1. Étude statique du support sur le logiciel CATIA :

L'objectif de notre projet d'une vision générale consiste à faire la conception du support et sa simulation avec l'ANN AV, particulièrement on s'intéresse au calcul de la contrainte maximale de flexion appliqué sur le support, par la méthode numérique à l'aide du logiciel CATIA V5, on détermine la contrainte de VON MISES. Et on déduire le facteur de sécurité.

La première chose j'ai appliqué le matériau sur les deux mécanisme

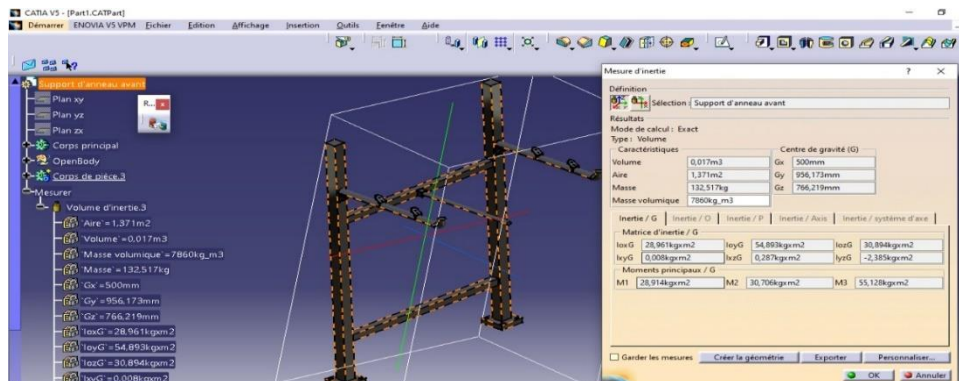


Figure 77 : Le poids du support

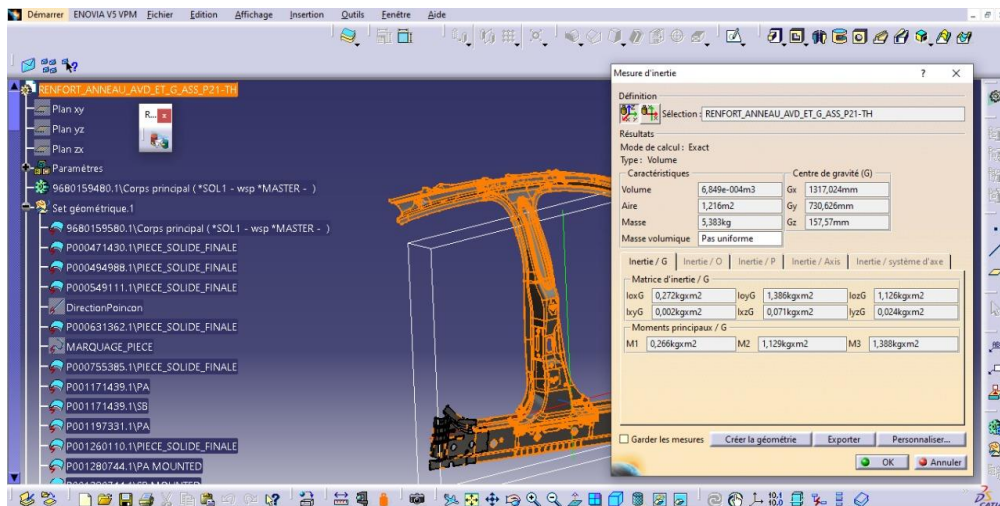


Figure 78 : Le poids de L'ANN AV

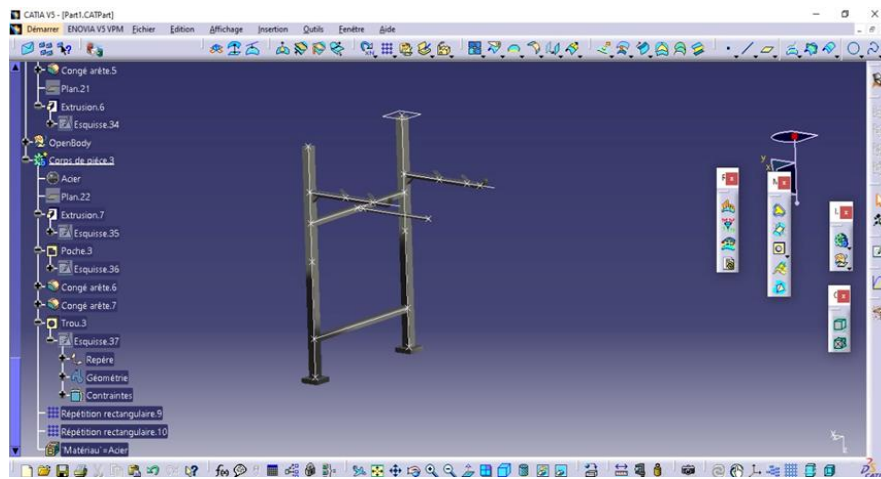
La masse (ANN AV) = 5,383 Kg $\approx$ 6 Kg

La masse (support) = 132,517 Kg

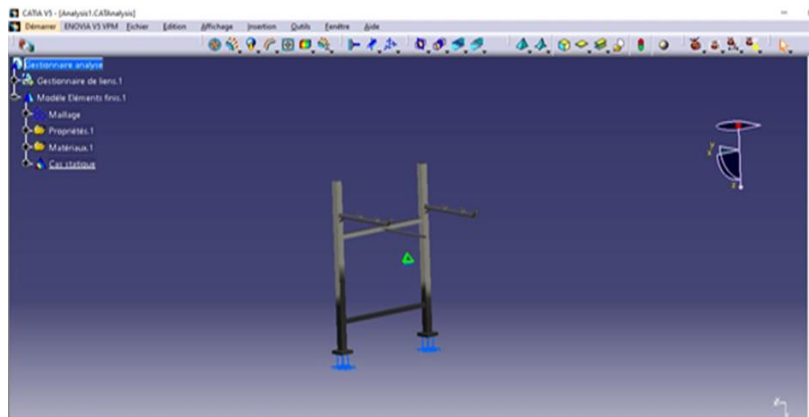
⇒ Application du matériau Acier :



⇒ Modèle géométrique :



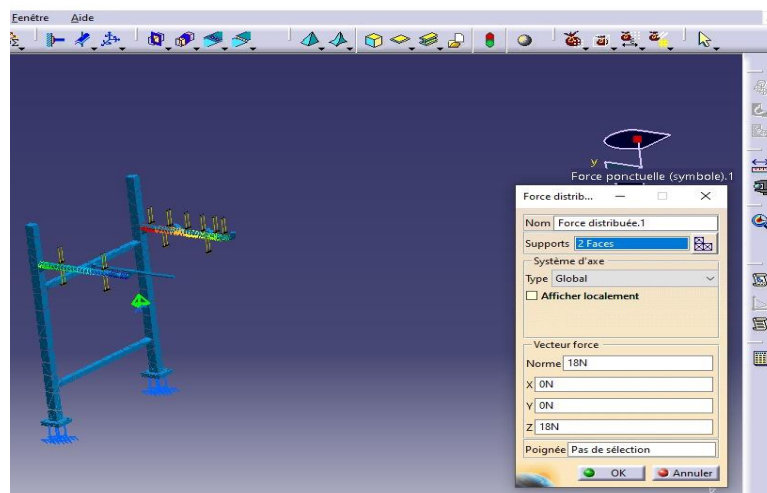
L'étude porte sur un support encastré à l'une de ses extrémités et supportant une charge linéique sur l'arête supérieure de la section opposée à l'encastrement.

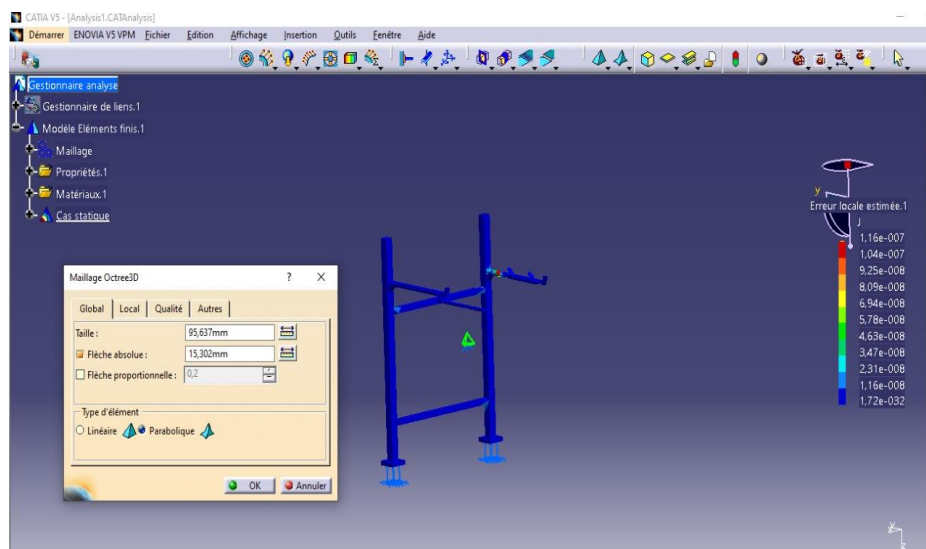
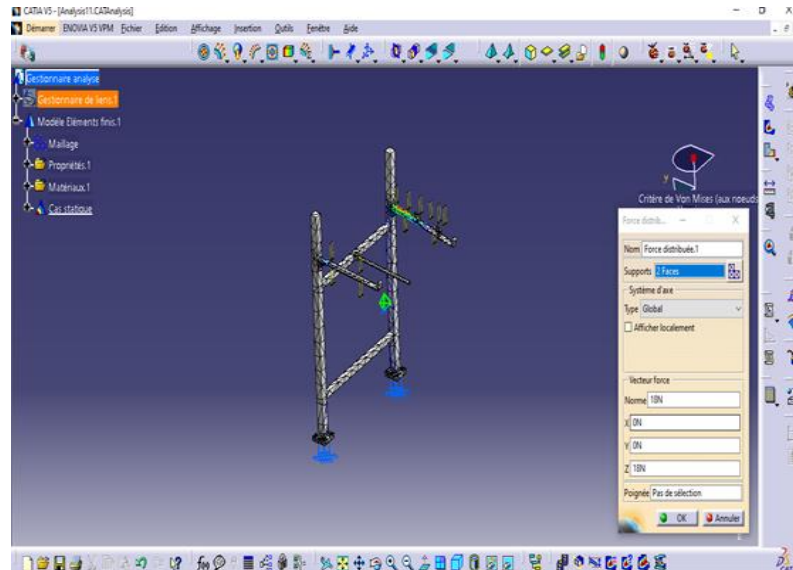
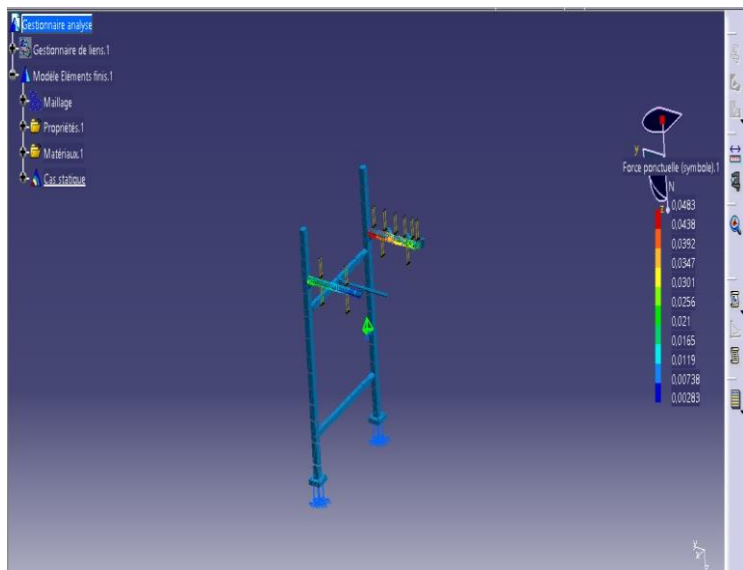


⇒ Définition des forces de volume et conditions aux limites :

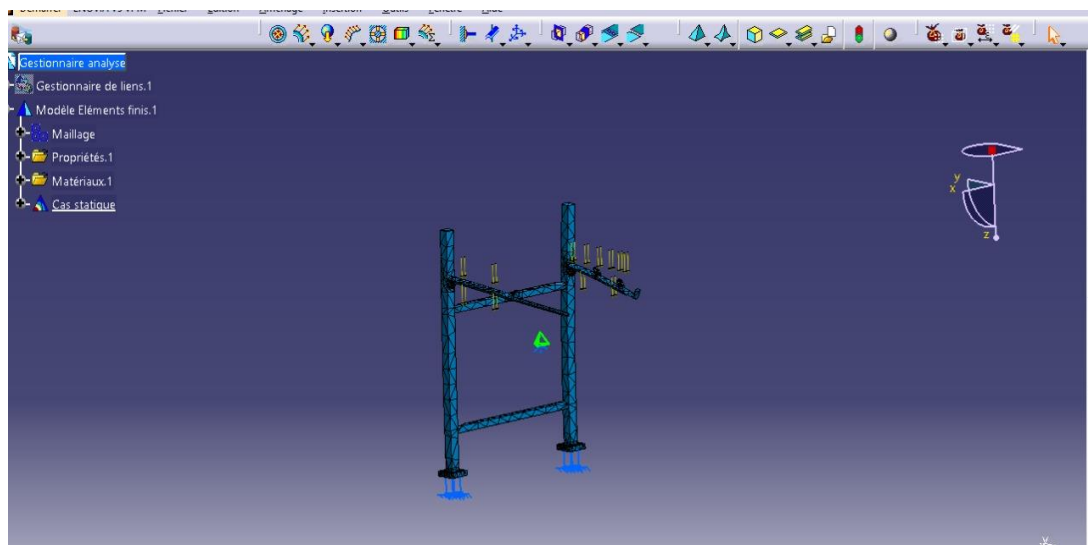
Encastrement en bleu

Force $F=18\text{N}$ en jaune

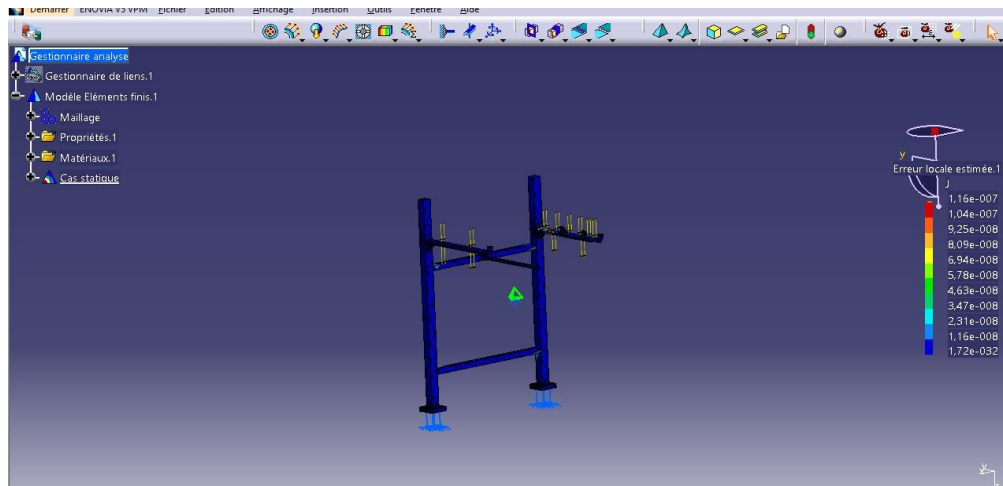
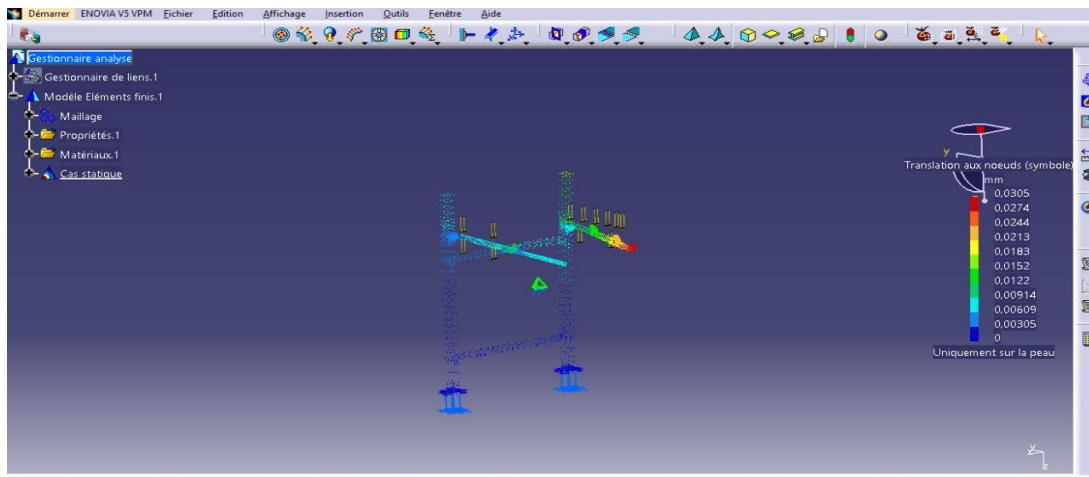




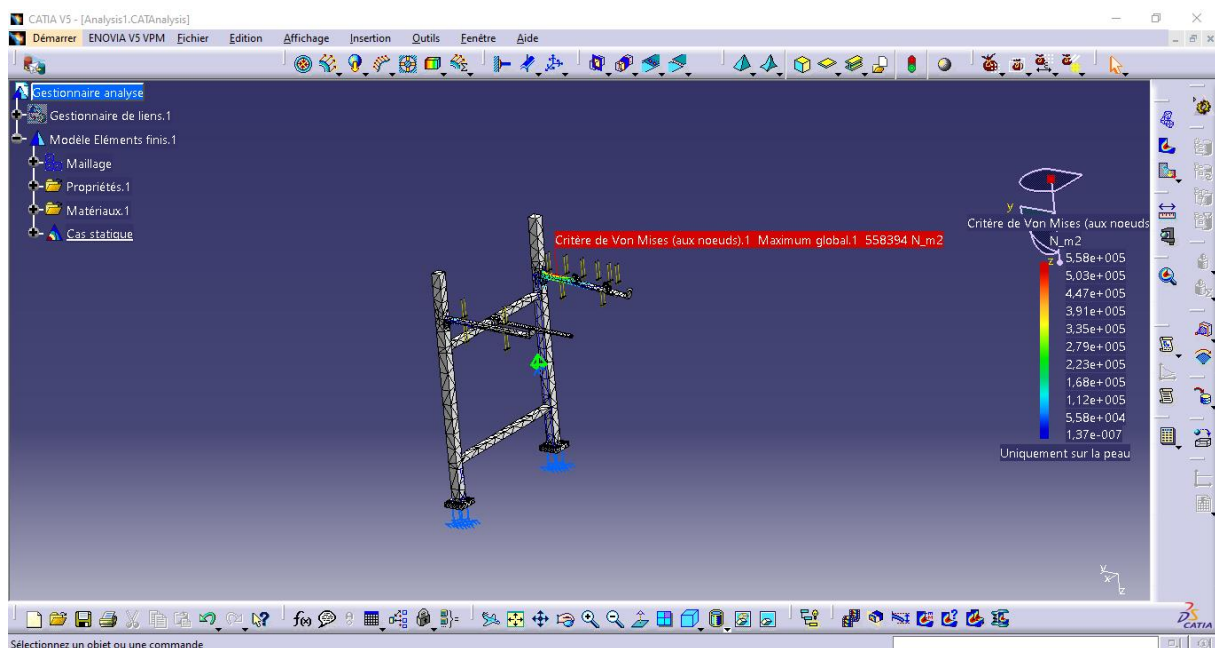
⇒ Déformation:



⇒ Contraintes de déplacement et précision :



⇒ Résultats finales :



⇒ La valeur du maillage proposé par défaut par CATIA:

La résistance des matériaux nous donne la valeur de la déformation 15,3 mm et de la contrainte maximale, $\sigma_m = 5.58 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 0.558 \text{ MPa}$, on doit avoir : $\sigma_m < \frac{R_e}{FS}$

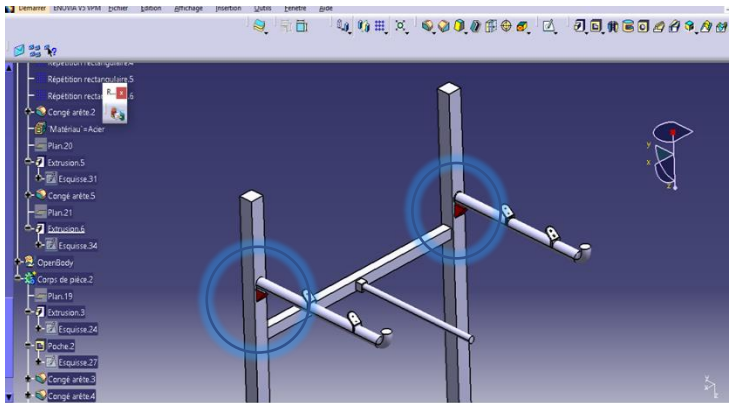
Avec R_e : la limite d'élasticité du matériau, $R_e = 355 \text{ MPa}$ pour l'acier à haute élasticité.

Et FS : le facteur de sécurité (le choix de FS comme s'est présenté dans l'annexe 7).

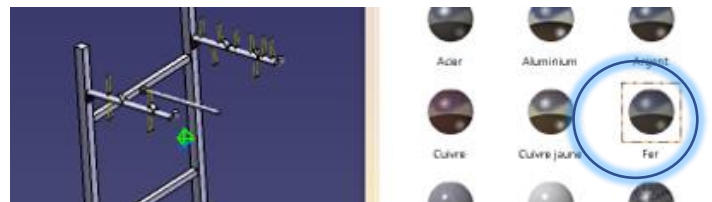
On remarque dans notre cas que la contrainte obtenue est très petite avec $\sigma_m \lll \frac{R_e}{FS}$

Donc d'après ces résultats obtenus, j'ai passée à améliorer les résultats par agrandir la nervure et de changer le matériau d'acier par le matériau de Fer.

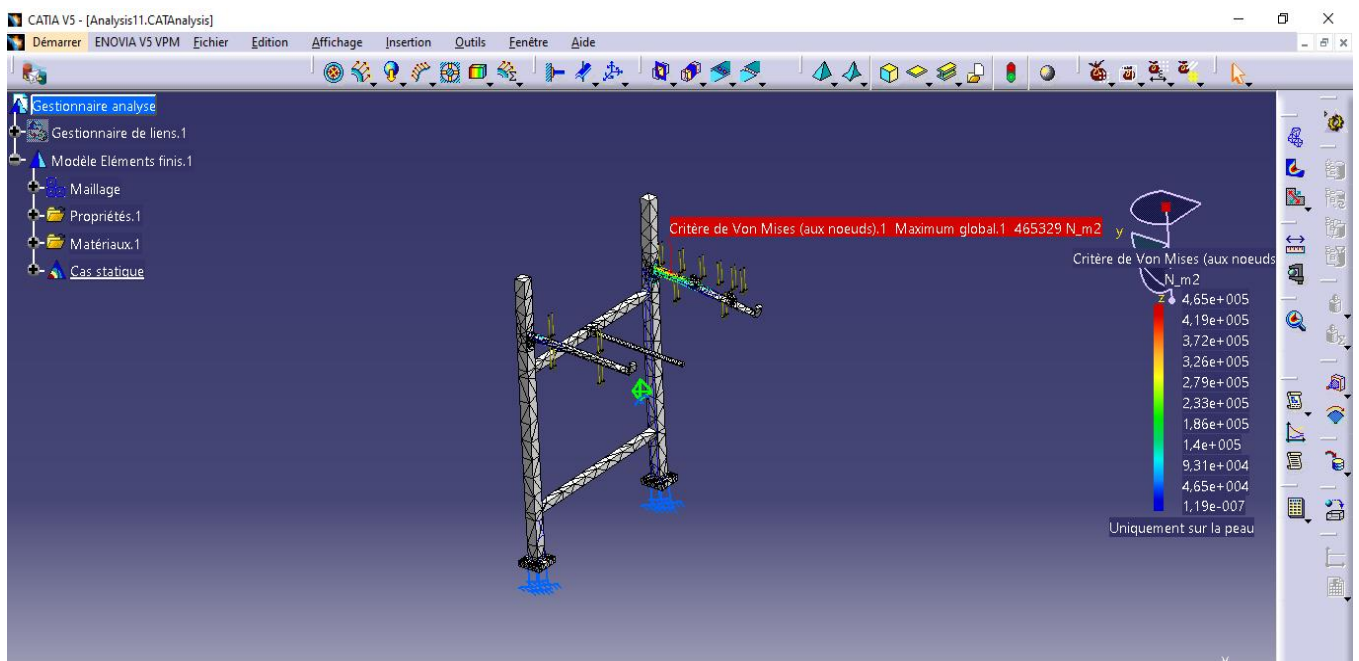
Nervure :



Matériau:



⇒ Résultats finales :



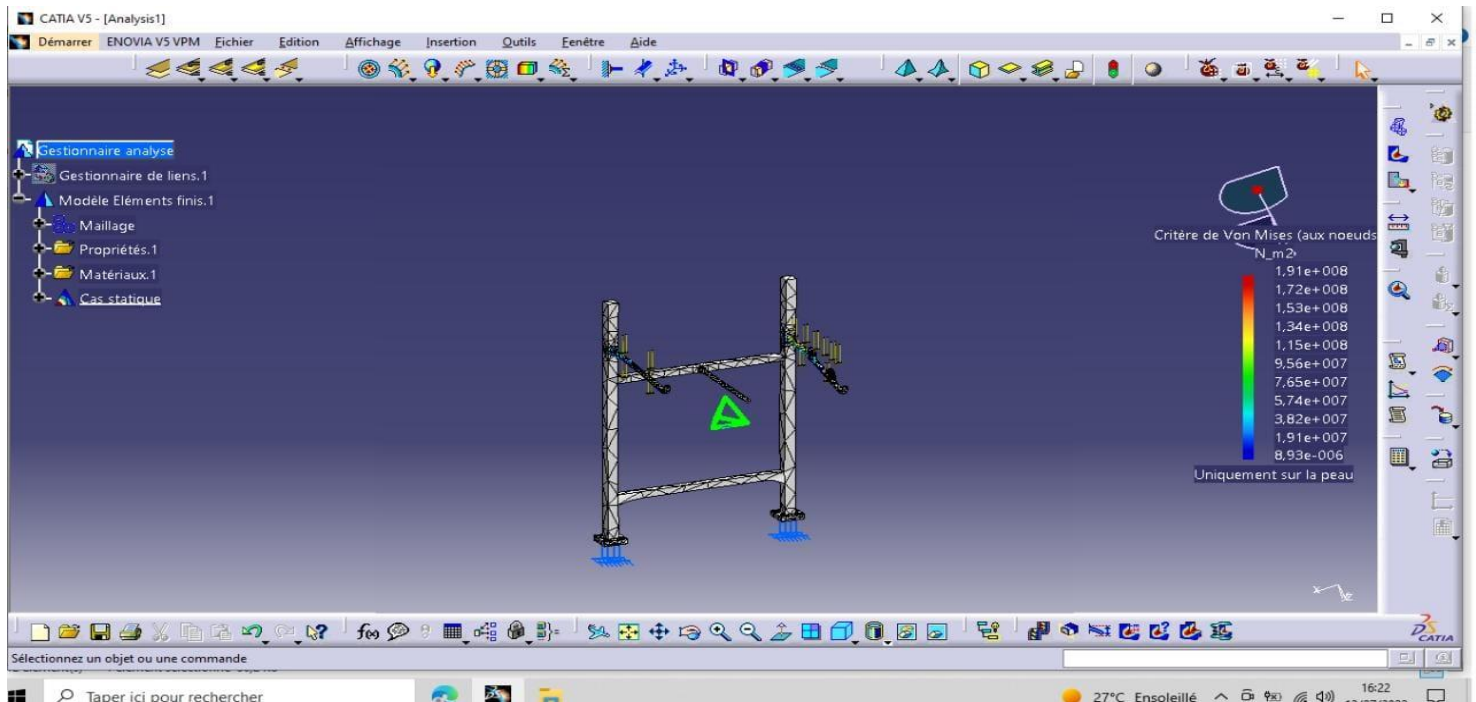
Cependant dans la deuxième cas nous avons tombé dans le même problème.

La contrainte maximale est très petite $\sigma_m = 4.65 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 0.465 \text{ MPa}$.

⇒ Nous avons La masse (ANN AV) = 5,383 Kg $\approx 6 \text{ Kg} \approx 60 \text{ N}$.

⇒ et pourtant le support charge 3 ANN AV donc, le poids appliqué sur le support est $F=180\text{N}$.

donc j'ai passé à changer la force de 18 N à 180 N. La photo suivante illustre les résultats d'améliorations obtenus après les modifications faisait.



Nous avons trouvés :

$$\sigma_m = 1.91 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2 = 191 \text{ MPa}$$

Avec :

$R_e = 235 \text{ MPa}$ (la limite d'élasticité du matériau d'acier)

$$FS = \frac{R_e}{\sigma_m} = \frac{235}{191} = 1.2 \text{ (d'après l'annexe 7 dans le tableau de facteur de sécurité, on doit}$$

choisir $1 \leq FS \leq 2$ donc $FS=1.2$ est validé).

$$\Rightarrow \sigma_m = 191 \text{ MPa} < \frac{235}{1.2} = 196 \text{ MPa}$$

⇒ Validité des résultats :

On constate d'après ces petits changement que les résultats convergent

- bras est fléchée vers le bas.
- La flèche maximale est à l'extrémité.
- Les fibres supérieures sont en tension et celles inférieures en compression.
- A l'encastrement, les déplacements et les rotations sont nuls.

La comparaison des résultats d'éléments finis et des résultats anticipés montre que le module est validé.



Figure 79 : Industrialisation du support de L'ANN AV

5. Suivi d'avancement des autres améliorations :

Ce qui concerne les autres améliorations que ce soit de chariot du poste 30, KANBAN, et chariot de stock de sécurité sont convenables et validé.

5.1.Le Gain :

Chariot de stock de sécurité	• Il va nous servir en cas de panne. • Eviter le problème de non-qualité (mettre les ANN AV avec un emballage).
Chariot du poste 30	• Minimiser une heure car chaque box supporte 30 pièces. • Déplacer facilement vers le KANBAN pour charger les pièces. • Eviter les non_conformes (chute des pièces). • Assurer l'ergonomie de l'opérateur.
KANBAN	• Facilite le déchargement des pièces par l'opérateur. • facilite le chargement des pièces par logistique. • Bon positionnement des box. • Assurer l'ergonomie de l'opérateur.

Conclusion :

Ce chapitre a été consacré pour le suivi et la quantification des gains de notre chantier d'amélioration. Commenant par le suivi des différentes conceptions d'amélioration de notre postes de travailles en étudiant la faisabilité de ces améliorations. Par la suite, on a essayé d'estimer le gain.

Nous avons au final pu atteindre nos objectifs, et nous avons élaboré un programme de contrôle de l'UEP COTE DE CAISSE afin de maintenir ses performances au long terme.

Conclusion générale et perspectives

Le niveau de performance augmente constamment, l'excellence d'aujourd'hui est la norme de demain. La recherche de l'excellence est donc une demande permanente, un voyage sans fin.

A cette fin, s'oriente notre projet de fin d'étude réalisé au sein du Département Structure. Il consiste à améliorer les performances de la ligne de côté de caisse, en déployant des solutions pour assurer l'efficacité opérationnelle.

Nous avons initié le système de production à une démarche d'amélioration continue, et cela s'est concrétisé par l'instauration de la démarche DMAIC, pilier essentiel de la méthode six sigmas. De ce fait, nous avons commencé par la définition de notre problématique et la mise en exergue de notre objectif de rendre plus efficace l'organisation des lignes de production afin de répondre aux nouveaux volumes de production.

Une analyse de l'existant a été soigneusement menée à la lumière des indicateurs de performance pour lesquels nous avons opté. Les durées idéales de production ont été bien définies et les temps de cycle ont été revalorisés afin de répondre aux exigences de production imposées. En se basant sur la cartographie de la chaîne de valeur, et après avoir recensé les différents facteurs de notre système de production, nous nous sommes focalisés sur les opérations à non-valeur ajoutée. Cela se résume par les déplacements et/ou mouvements inutiles ainsi que le faible taux d'occupation.

Cela étant, nous avons mis en place des plans d'action en visant l'amélioration tout en considérant la vision stratégique du groupe.

En fin, l'ensemble des moyens nécessaires au suivi et contrôle des actions proposées ont été mis en place afin de garantir la pérennité des actions menées. Une estimation des gains aussi a été effectuée au niveau d'effectif, de productivité, et de matériaux.

En guise de perspective, nous envisagerons, tout d'abord, d'effectuer une analyse d'efficience des équipes et optimiser le maximum le nombre d'opérateur tout en équilibrant les postes. En deuxième lieu, réaliser une application d'archivage automatique dans le logiciel Excel VBA.

Bibliographie et Netographie

« STELLANTIS » <https://www.STELLANTIS.com/fr> LES MARQUES. [Consulté le 04/04 2022].

« le Lean manufacturing »
<http://leamanufacturing.com/utilisez-les-principesde-la-tpm-pour-responsabiliser-vos-collaborateurs/>. [Consulté le 10/04 2020].

« Christian. Hohman » [http://christian.hohmann.free.fr/Yamazumi\(free.fr\)](http://christian.hohmann.free.fr/Yamazumi(free.fr)) [Consulté le 03/05 2021].

« STELLANTIS » infogroupe.inetpsa.com/ [Consulté le 25/05 2021].

« STELLANTIS »
<http://docinfogroupe.inetpsa.com/ead/dom/view.action?domId=1001311196> (Confidentiel).

Annexes

Annexe 1: Procédé de soudage : Soudage par point

Annexe 2: Dessin 2d du support de L'ANN AV

Annexe 3: Dessin d'ensemble du support de L'ANN AV

Annexe 4 : Dessin 2d du chariot du poste 17

Annexe 5 : Dessin 2d du roue du chariot de L'OP 17

Annexe 6 : Dessin 2d du bras du chariot de L'OP 17

Annexe 7 : tableau de facteur de sécurité

Annexe 1: Procédé de soudage : Soudage par point

Soudure par point : est largement utilisée pour assembler les tôles entre elles (construction automobile notamment), car la brièveté de l'opération et la localisation précise du point de soudure entre les électrodes sous pression limitent la déformation des tôles lors de la soudure.

La soudure par point est une méthode de soudage utilisant le principe de la soudure par résistance à électrode non fusible où l'élévation de température pour obtenir le point de fusion du métal s'ajoute à une forte pression mécanique. Deux électrodes de cuivre non fusibles compriment les pièces de métal à souder l'une contre l'autre puis les font traverser par un courant de très forte intensité (quelques milliers à quelques dizaines de milliers d'ampères).

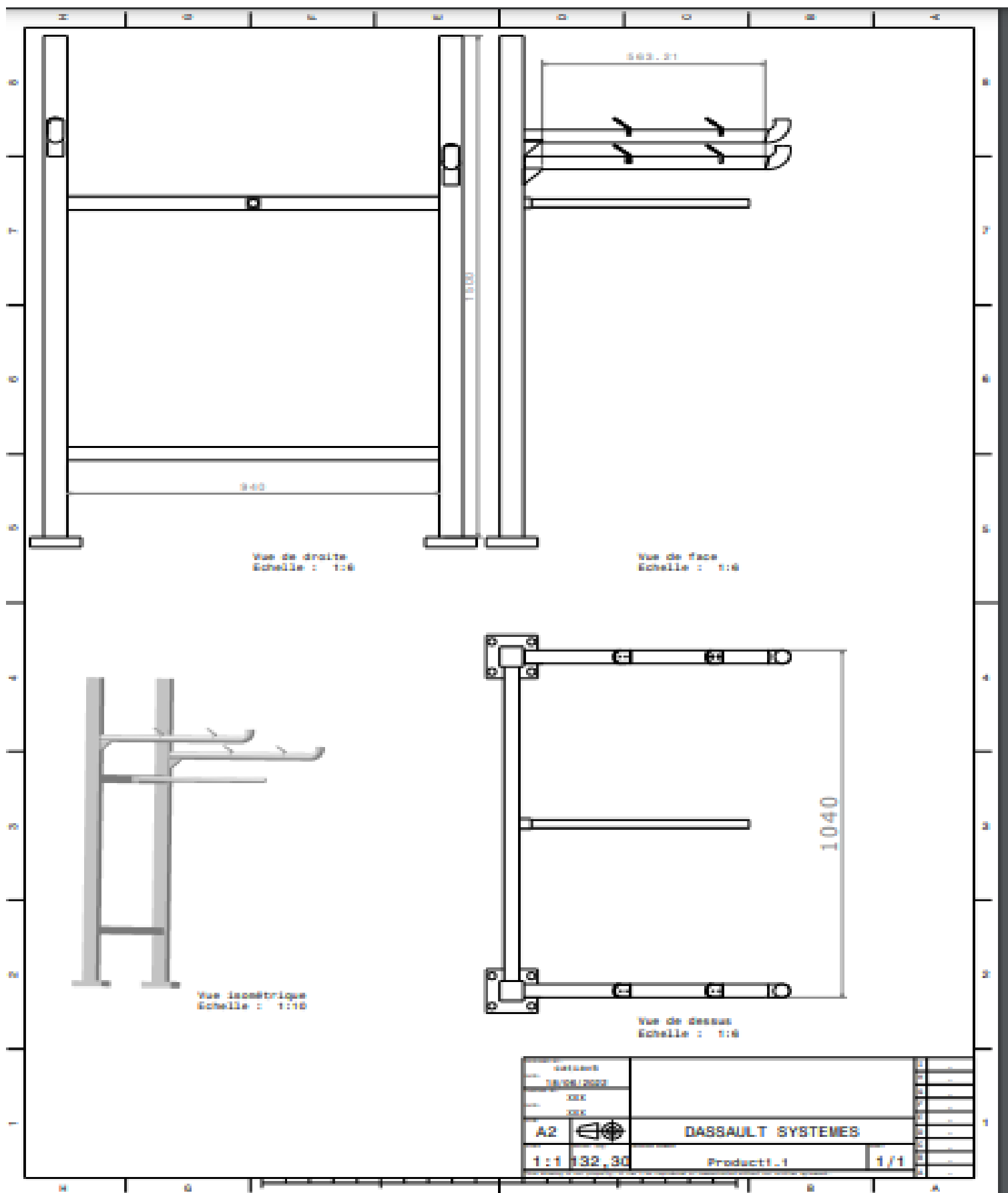
Le court-circuit électrique au point de contact des deux pièces métalliques crée la fusion du métal en une à deux secondes pour un temps de passage du courant électrique de quelques dixièmes de seconde seulement.

La soudure par point est largement utilisée pour assembler les tôles entre elles (construction automobile notamment), car la brièveté de l'opération et la localisation précise du point de soudure entre les électrodes sous pression limitent la déformation des tôles lors de la soudure. Le matériel de soudure par point se compose : d'une pince à souder par point qui est une pince hydraulique mobile. La pince est reliée au générateur par des câbles souples et par des flexibles hydrauliques pour assurer la puissance de pression.

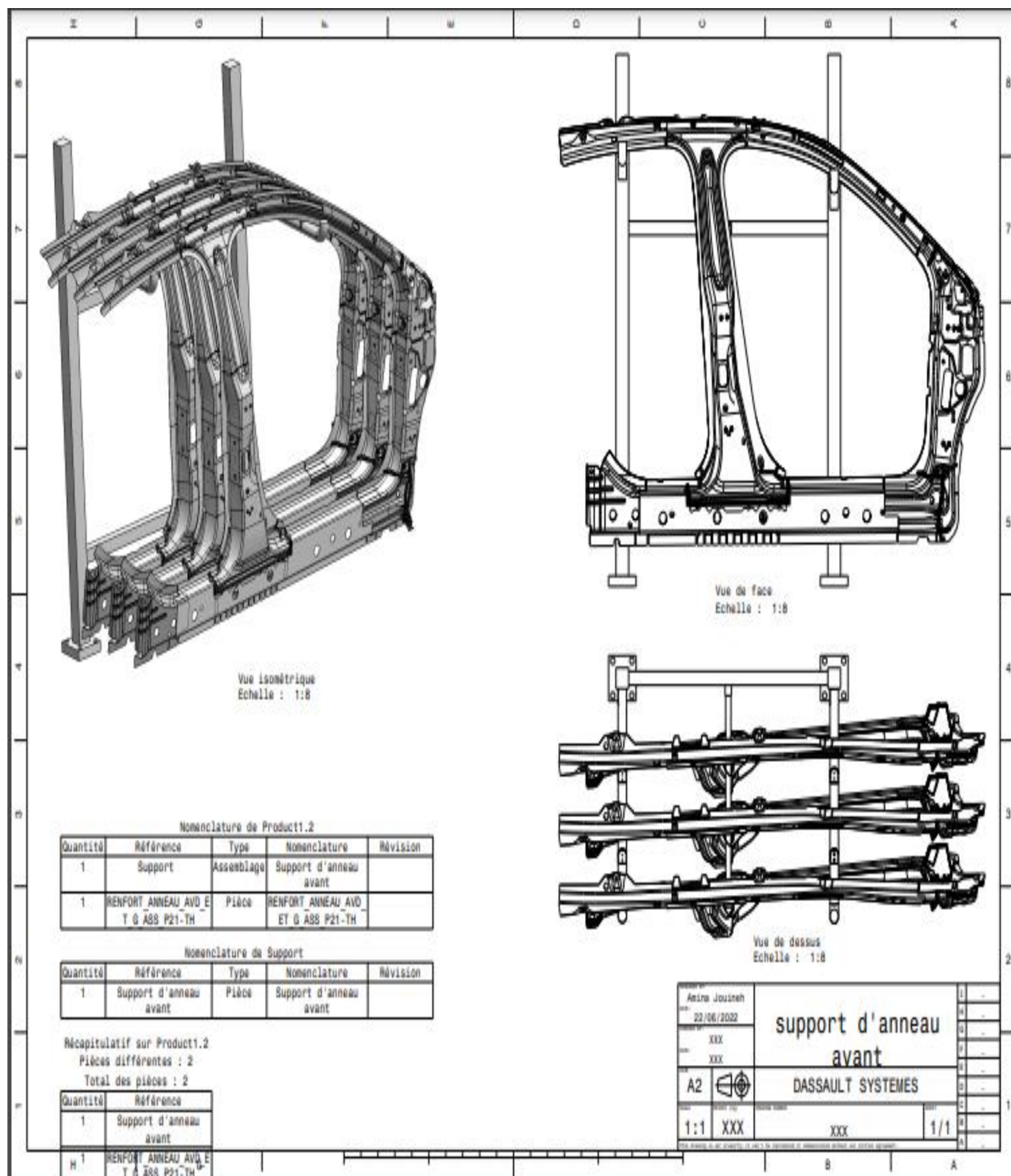
L' électrode soudure est forcément une électrode en cuivre sans métal d'apport.



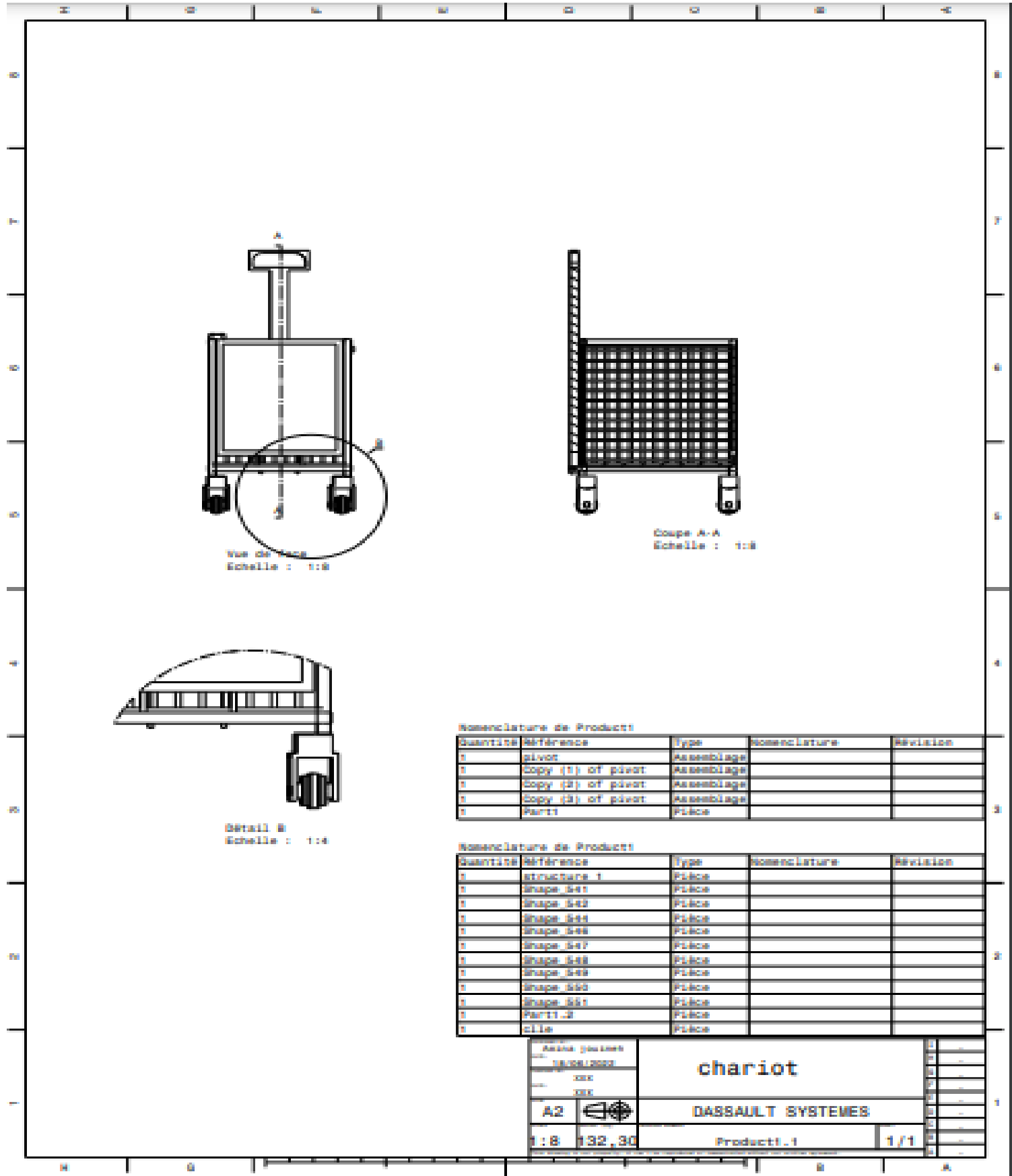
Annexe 2: Dessin 2d du support de L'ANN AV



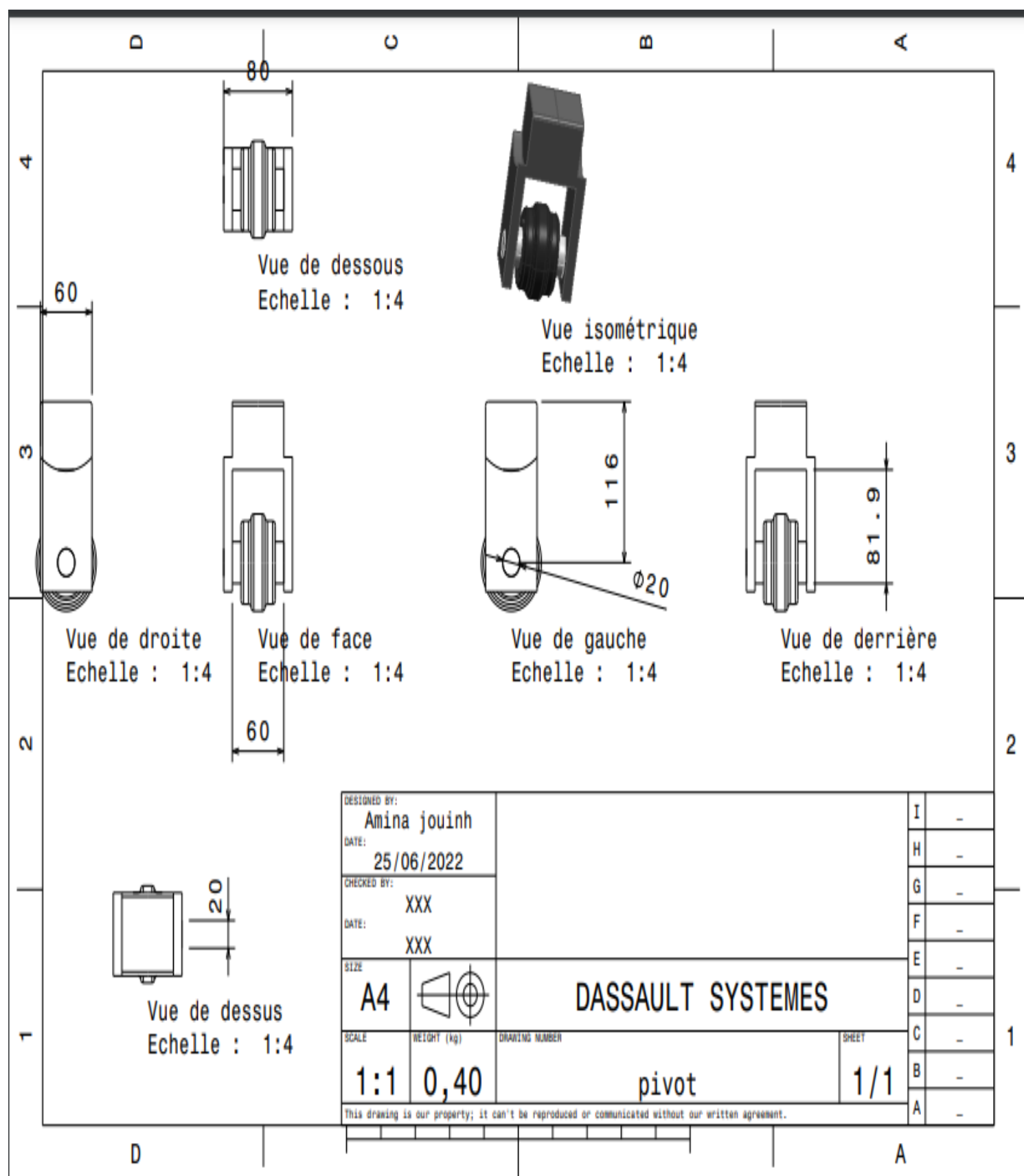
Annexe 3: Dessin d'ensemble du support de L'ANN AV



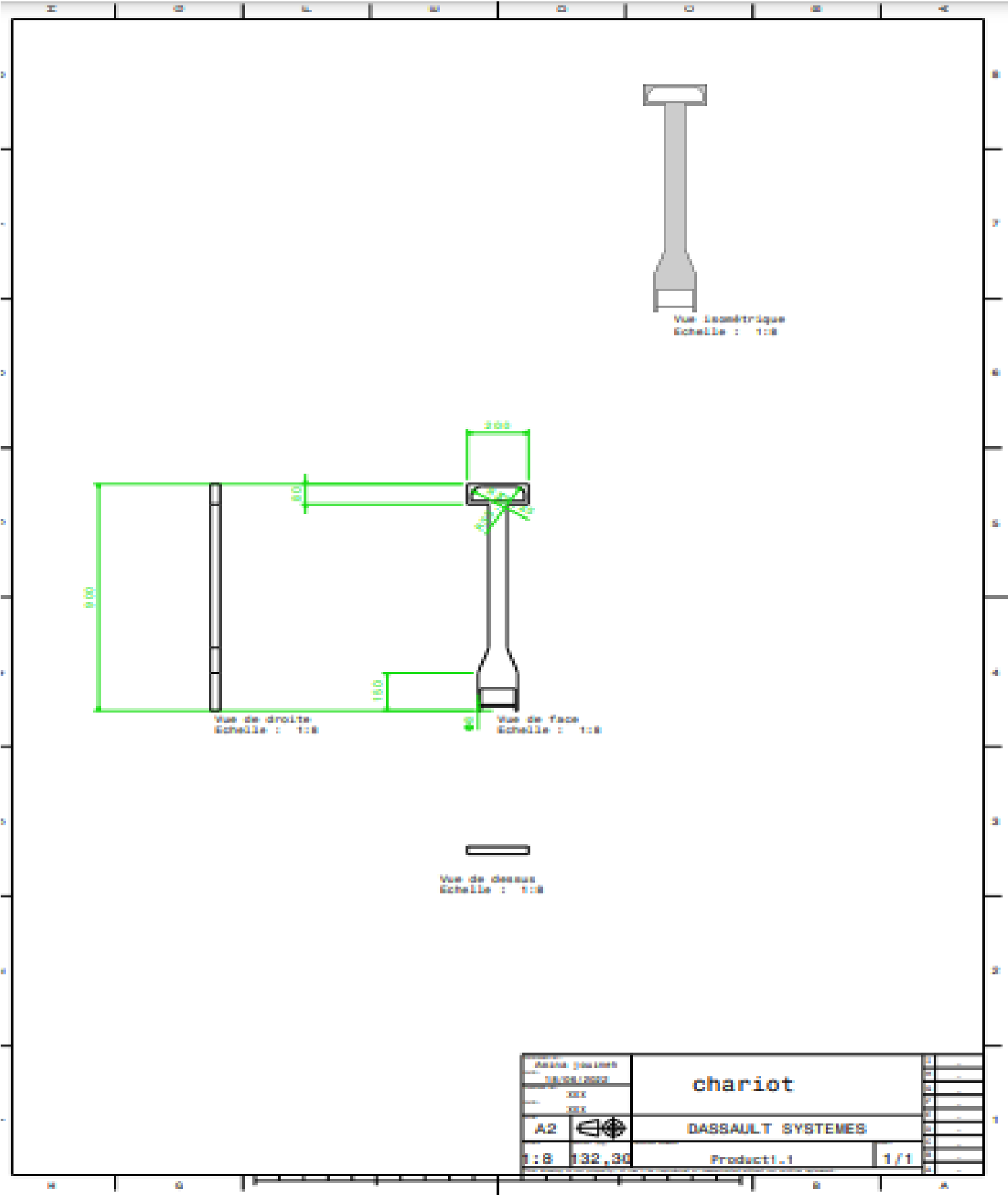
Annexe 4 : Dessin 2d du chariot du poste 17



Annexe 5 : Dessin 2d du roue du chariot de L'OP 17



Annexe 6 : Dessin 2d du bras du chariot de L'OP 17



Annexe 7 : tableau de facteur de sécurité

Coefficient de sécurité s	Charges exercées sur la structure	Contraintes dans la structure	Comportement du matériau	Observations
$1 \leq s \leq 2$	régulières et connues	connues	testé et connu	fonctionnement constant sans à-coups
$2 \leq s \leq 3$	régulières et assez bien connues	assez bien connues	testé et connu moyennement	fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées
$3 \leq s \leq 4$	moyennement connues	moyennement connues	non testé	
	mal connues ou incertaines	mal connues ou incertaines	non connu	